

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Gökhan AKYÜZ

PROSES İMALATINDA PERFORMANS ÖLÇME VE İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK
BİR MODELLEME YAKLAŞIMI: BİR UYGULAMA

Danışman

Prof. Dr. Orhan KURUÜZÜM

İşletme Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Antalya, 2006

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalı Programı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

: Prof. Dr. Hikmet RENCİTİ H. Renc

Üye (Danışmanı)

: Prof. Dr. Osman KURBANLI

Üye

: Prof. Dr. İbrahim SÜNGÖR

Üye

: Doç. Dr. Abdolhah ERÖGLÜ

Üye

: Trd. Doç. Dr. Can Deniz KALKIŞAL D. Kalkışal

Üye

:

Üye

:

Onay : Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../200..

Prof. Dr. Nevzat ÇEVİK
Müdür

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
TABLolar LİSTESİ	v
KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
ÖNSÖZ	ix
GİRİŞ	1
1. PERFORMANS YÖNETİM SİSTEMİ	3
1.1. Performans Kavramı	3
1.2. Sistem ve Sistem Yaklaşımı Kavramları	5
1.3. Performans Yönetim Sistemi Tanım ve Kapsamı	6
1.4. Performans Yönetim Sisteminin Gelişimi	8
1.5. Performans Yönetim Sisteminin Etkileşimleri	15
1.5.1. Stratejik Planlama	16
1.5.2. Kalite Yönetim Sistemi	17
1.5.3. Performans Ölçümü	19
1.5.3.1. Finansal ve Fiziksel Ölçütler	21
1.5.3.2. Hiyerarşi Düzeylerine Göre Performans Ölçütleri	23
1.5.4. Performans Analizi	24
2. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE PROSES ENDÜSTRİSİ	29
2.1. Üretim-İmalat Sistemlerinin Tanım ve Sınıflandırmaları	29
2.2. Endüstriyel Sistem Kavramı	32
2.3. Endüstri ve Üretim Sistemleri İlişkisi	33
2.4. Proses Endüstrisi ve Yapısal Özellikleri	35
2.4.1. Proses Endüstrisi ile Diğer Endüstriler Arasındaki Yapısal Farklılıklar	37
2.4.2. Parti ve Akış Tipi Proses Endüstrilerinin Farklılıkları	42

3. İMALAT PERFORMANSI VE PROSES ENDÜSTRİSİNDE PROSES KONTROL	44
3.1. İmalat Performansı Kavramı ve Ölçümü	44
3.2. Proses Kontrolü ve Proses Yeterliliği Kavramları	46
3.3. Endüstriyel Sistemlerde Proses Kontrol	50
3.4. Proses Endüstrisinde Proses Kontrol	51
3.5. Proses Endüstrisinde Kullanılan Proses Kontrol Teknikleri	52
4. PROSES İMALATINDA PERFORMANS ÖLÇME VE İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK BİR MODELLEME YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA	57
4.1. Cam Hammaddesi ve Özellikleri	57
4.2. Ayna İmalat Prosesi	58
4.2.1. Boyaların ve Kimyasalların Hazırlanması	58
4.2.2. İmalat Süreci	60
4.2.3. Proses ve Nihai Ürün Kontrol	65
4.3. Metodoloji	66
4.3.1. Verilerin Toplanması	68
4.3.2. Veri Yapılandırma ve Modelleme	69
4.4. Ayna İmalatının Mevcut Durum Analizi	71
4.4.1. Ayna İmalatının Proses Kontrol Grafikleri	71
4.4.2. Ayna İmalatının Proses Yeterliliği	74
4.5. Modelin Kurgulanması	77
4.6. Modelin Çalıştırılması ve Sonuçların Karşılaştırılması	82
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	87
KAYNAKÇA	92
EKLER	
EK-1(a): Proses Karakteristikleri Kontrol Grafikleri	102
EK-1(b): Nihai Ürün Karakteristikleri Kontrol Grafikleri	109
EK-2(a): Mevcut Duruma İlişkin Proses Yeterlilikleri Hesaplama Tablosu	110
EK-2(b): Modelin Ürettiği Sonuçlara İlişkin Proses Yeterlilikleri Hesaplama Tablosu	111

EK-3: Sistematik ve Stokastik Simülasyonda Kullanılan Makro Yazılımları	112
EK-4: Dışsal ve Önceden Belirlenmiş Değişkenlerin Aralık ve Olasılık Değerleri	117
EK-5: Mevcut Durumla Modelin Ürettiği Sonuçları Karşılaştırmada Kullanılan T-Testi Analiz Sonuçları	118
ÖZGEÇMİŞ	119

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Üç-P modeli	4
Şekil 1.2. Performans yönetim sisteminin şematik gösterimi	8
Şekil 1.3. Performans yönetim süreci	11
Şekil 1.4. Entegre edilmiş performans ölçüm modeli	12
Şekil 1.5. Performans piramidi	13
Şekil 1.6. Dengeli puan kartı	14
Şekil 1.7. Performans prizması	15
Şekil 1.8. Performans yönetim sisteminin işlevi	16
Şekil 1.9. Performans ölçütlerinin hiyerarşik yapısı	23
Şekil 2.1. İmalat türlerinin sınıflandırılması	30
Şekil 2.2. Ürün-Proses matrisi	34
Şekil 2.3. Taylor'ın endüstri sınıflandırması	35
Şekil 2.4. Proses Endüstrisinin Sınıflandırılması	37
Şekil 3.1. Proses kontrolünün işleyiş yapısı	48
Şekil 3.2. İmalat sisteminde proses kontrolünün yeri	51
Şekil 3.3. Proses kontrol teknikleri	55
Şekil 4.1. Ayna prosesi akış şeması	61
Şekil 4.2. Ayna imalat prosesinin ana işlemler şeması	63
Şekil 4.3. Prosesin ana aşamalar itibariyle yandan görünüşü	66
Şekil 4.4. Çalışmada izlenen algoritmik adımlar	67
Şekil 4.5. Hava sıcaklığı proses kontrol grafiği	73
Şekil 4.6. Nem oranı proses kontrol grafiği	73
Şekil 4.7. Toplam hata oranı p grafiği	74
Şekil 4.8. Ayna prosesi yapısal modelinin ilişkiler ağı	79

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Geleneksel ve geleneksel olmayan performans ölçütlerinin karşılaştırılması	21
Tablo 1.2. Finansal ve fiziksel performans ölçütleri arasındaki farklılıklar	23
Tablo 1.3. Literatürde performans analizinde kullanılan teknik ve modellerden örnekler	26
Tablo 2.1. Proses endüstrisinin diğer imalat endüstri türlerinden farklılaşan özellikleri	41
Tablo 2.2. Akış ve parti tipi proses endüstrilerinin farklılıkları	43
Tablo 3.1. İmalat prosesindeki tipik kontrol teknikleri	54
Tablo 4.1. Nihai ürün ve proses karakteristiklerinin birimleri ve ölçüm yöntemleri	68
Tablo 4.2. Ölçüm değerleri, ölçüm saatleri itibariyle farklılaşan proses karakteristikleri	70
Tablo 4.3. Günlük ortalama değerlere yaklaşan ve uzaklaşan ölçüm değerleri	70
Tablo 4.4. Değişkenler ve özellikler için kontrol grafikleri ve formülleri	72
Tablo 4.5. Veri setinin dağılım özellikleri ve kullanılan formüller	75
Tablo 4.6. Proses karakteristiklerinin kontrol limitleri ve proses yeterlilikleri	77
Tablo 4.7. Modeldeki denklemler takımının regresyon sonuçları ve istatistik testleri	81
Tablo 4.8. Dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenler için aralık limitleri, adım büyüklükleri	83
Tablo 4.9. Birinci aşama simülasyon sonuçları ve mevcut durum	84
Tablo 4.10. Model sonuçları ve yeni tolerans aralıkları	85
Tablo 4.11. Proses karakteristiklerinin kontrol limitleri ve proses yeterlilikleri	86

KISALTMALAR LİSTESİ

$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece	kg.	Kilogram
ABY	Astar Boya Viskozitesi	KHT	Kimyasal Hata Oranı
AKL	Alt Kontrol Limiti	KLY	Kalay Miktarı
AKT	Aktivatör Miktarı	L.	Litre
AMO	Amonyak Miktarı	m.	Metre
BDB	Bakır Debi Miktarı	MA	MA280 Miktarı
BHT	Boya Hata Oranı	min.	Dakika
cm.	Santimetre	mL.	Mililitre
C_p	Prosesin potansiyel yeterlilik indeksi	mm.	Milimetre
C_{pk}	Proses performans indeksi	NEM	Nem
C_{pm}	Prosesin hedef değere göre potansiyel yeterlilik indeksi	OÇ	Orta Çizgi
C_{pmk}	Hedef değere göre proses performans indeksi	h	Saat
FRN1	Birinci Fırından Çıkan Camın Yüzey Sıcaklığı	SBY	Sonkat Boya Viskozitesi
FRN2	İkinci Fırından Çıkan Camın Yüzey Sıcaklığı	SGL	Sağlam Oranı
FRN3	Üçüncü Fırından Çıkan Camın Yüzey Sıcaklığı	s.	Saniye
GDB	Gümüş Debi Miktarı	SSU	Saf Su Sıcaklığı
g.	Gram	T	Hedef değer
HHZ	Hat Hızı	ÜKL	Üst Kontrol Limiti
HSC	Hava Sıcaklığı	σ	Standart sapma

ÖZET

Günümüz rekabet ortamında işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri kendilerini sürekli geliştirmelerine bağlıdır. Gelişimi sağlayabilmek, geçmiş dönem(ler) ve/veya faaliyet gösterilen sektörün durumuna göre işletme performansının izlenmesi ve iyileştirilmesi ile mümkündür. İşletmelerin performans bakış açısı, rekabet unsurlarındaki ve yönetim anlayışlarındaki gelişime paralel olarak değişmiş ve işletmenin bütünü kapsayan daha geniş bir yapıya ulaşarak bir yönetim sistemi anlayışına dönüşmüştür. Bu yeni anlayışla birlikte performans yönetim sistemi, özellikle stratejik planların ve kalite yönetim sistemi çalışmalarının yapılandırılmasında ve başarıyla uygulanmasında önemli bir işlev üstlenmiştir. Zira, sürekli iyileştirme amacının gerçekleştirilmesine dönük olarak yapmış olduğu ölçüm ve analizlerle sisteme ivme kazandıran ve yönlendiren bir unsur olmuştur.

Bu çalışmanın temel amacı, imalat prosesinin performansını iyileştirmektir. Bu amaçla, proses endüstrisinde faaliyet gösteren bir fabrikanın ayna imalat prosesinin performansını ölçme ve iyileştirmeye yönelik bir modelleme yaklaşımı gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle prosesin yapısal modeli kurgulanmıştır. Kurgulanan model, imalat sürecindeki proses karakteristiklerinin nihai ürün karakteristikleri üzerindeki etkisini ölçmekte ve nihai ürün karakteristiklerinin performansını iyileştirmeye odaklanmaktadır. Model, eşanlı denklemler takımı özelliğini taşımaktadır. Modelde dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenlerle birlikte onsekiz değişken ve onüç denklem bulunmaktadır. Denklemlerin üçü nihai ürün karakteristiklerini, onu ise proses karakteristiklerini tanımlamaktadır. Denklemler doğrusal niteliklidir ve katsayıları sıradan en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmiştir.

Model, dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenlerin almış olduğu değerlere göre kademeli olarak proses karakteristiklerinin değerlerini tahmin etmekte ve sonuçta nihai ürün karakteristiklerinin tahmini değerlerine ulaşmaktadır. Modelin çalıştırılması sistematik ve stokastik simülasyon uygulamaları ile gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalarda üretilen sonuçlar değerlendirilerek nihai ürün karakteristiklerinin performansını iyileştiren yeni tolerans aralıkları (proses karakteristikleri için) belirlenmiştir. Mevcut duruma göre daha dar olarak belirlenen bu aralıklar, performanstaki iyileşmenin yanı sıra proses yeterliliklerini de kabul edilebilir bir düzeye çıkartmaktadır.

SUMMARY

A MODELING APPROACH FOR PERFORMANCE MEASUREMENT AND IMPROVEMENT IN PROCESS MANUFACTURING: AN APPLICATION

In today's competitive world, firms could continue their existence by continuously improving themselves. Realizing the improvement could be possible by improving the performance based on monitoring firms' performance as to past periods and/or sector's situation. Firms' point of view for performance has changed in parallel with the changes in competition factors and management insights, and evolved to more extended structure which covers the whole enterprise and formed as a management system conception. Along with this new conception, performance management system had undertaken an important role in structuring and successfully implementing the strategic plans and the quality management system operations. Because, it has been an important factor that accelerates the system by its measurements and analyses towards the aim of realizing the continuous improvement.

The main purpose of this study is improving the performance of process manufacturing. In this purpose, a modeling approach has performed for measuring and improving the performance of mirror manufacturing process of a factory that operates in the process industry. Initially the structural model of the process has developed. This model measures the effects of process characteristics in manufacturing processes on final product characteristics, and focuses on improving the performance of final product characteristics. The model has characteristics of simultaneous equations. There are eighteen variables and thirteen equations along with the external and previously determined variables in the model. Three of the equations define final product characteristics, and the remaining ten of them define process characteristics. Equations are linear and their coefficients have predicted by ordinary least squares method.

The model predicts the values of process characteristics gradually according to values of external and previously determined variables, and finally achieves the predicted values of the final product characteristics. The model has run by systematic and stochastic simulation applications. By evaluating the results that obtained from these applications, new tolerance intervals have determined for process characteristics which improves the performance of the final product characteristics. These intervals that are lower than present situation have improved the performance and increased the process capabilities to acceptable levels.

ÖNSÖZ

Proses imalatında performans ölçme ve iyileştirmeye yönelik olarak bir modelleme yaklaşımı gerçekleştirdiğim doktora tez çalışmamda hiçbir konuda desteğini esirgemeyen hocam Prof. Dr. Orhan KURUÜZÜM'e, tez izleme komitelerindeki katkılarından dolayı Prof. Dr. Hikmet RENDE ve Yrd. Doç. Dr. Can D. KÖKSAL'a, tez dönemim boyunca her türlü konuda desteklerini hissettiğim hocalarıma, çalışma arkadaşlarıma ve aileme sonsuz teşekkürler.

GİRİŞ

Performans ölçümüne olan ilgi F. W. Taylor'un çalışmaları ile başlamış ve günümüze kadar artarak devam etmiştir. Başlangıçta ekonomiklik, verimlilik gibi kavramlarla özdeş kabul edilen performans anlayışı, gelişim süreci içerisinde bir yönetim sistemi anlayışına dönüşmüştür. Günümüzde performans yönetimi, alt bileşenleri ve çevresel etkileşimleri ile işletme sisteminin rekabetçiliğinin artırılmasında ve gelişimin sürekli kılınmasında önemli bir unsur olmuştur. Özellikle ölçüm ve analiz alt bileşenlerinden sağladığı geribildirim ile stratejik planların ve kalite yönetim sistemi çalışmalarının yapılandırılmasında ve başarıyla uygulanmasında yadsınamaz bir öneme sahiptir. Etkin bir performans yönetim sistemi uygulaması, doğru alanlarda ve zamanlarda, doğru ölçütlerle ölçülmüş, doğru verilerin uygun tekniklerle analiz edilmesini gerektirmektedir.

Üretim sistemlerinde performans ölçme ve analizine ilişkin yapılacak çalışmaların yapısını imalat türünün özellikleri belirlemektedir. Konuya bakış açısına göre farklı şekillerde sınıflandırılabilen üretim sistemleri, fabrikasyon, montaj ve proses imalat sistemleri olmak üzere üç ana grupta ele alınabilmektedir. Bu adlandırmalar, aynı zamanda imalat sistemlerinin endüstri gruplandırmalarını tanımlamaktadır. Bu çalışma, proses endüstrisinde imalat prosesi performansını iyileştirmeye odaklanmıştır. Dolayısıyla, tüm fabrikaya ve finansal performansa ait ölçüm ve analizler çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Çalışmada, proses endüstrisinde faaliyet gösteren bir fabrikanın ayna imalat prosesinin performansını ölçmek ve iyileştirmek amacıyla bir modelleme yaklaşımı gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kurgulanan prosesin yapısal modeli çalıştırılarak, nihai ürün karakteristiklerinin performansını iyileştiren yeni tolerans aralıkları belirlenmiştir. Belirlenen yeni tolerans aralıkları itibariyle prosesin yeterliliği ve performans değerleri hesaplanarak mevcut durumla karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde, performans kavramının tanımı, gelişim süreci anlatıldıktan sonra sistem ve sistem yaklaşımı kavramlarına yer verilmiştir. Zira, gerek modelin kurgulanmasında ve çözümünde gerekse teorik açıklamalarda sorunlar sistemine, sistem yaklaşımı temel alınarak, bütünsellik açısından yaklaşmıştır. Daha sonra performans yönetim sisteminin tanımı, kapsamı, gelişim süreci ve etkileşimleri anlatılmıştır. Bu etkileşimler, içsel ve çevresel unsurlarla olmak üzere ikiye ayrılmış ve şematize edilmiştir.

İkinci bölümde, öncelikle üretim ve imalat sistemlerinin tanımı, sınıflandırmaları ve özellikleri incelenmiştir. Endüstriyel sistem kavramı ve üretim sistemleri ilişkisi değerlendirilerek, çalışmanın amacına uygun endüstri grupları sınıflandırması yapılmıştır. Daha sonra proses endüstrisinin özellikleri ve diğer imalat endüstrileri olan farklılıkları yapısal, fonksiyonel ve operasyonel özellikler itibariyle incelenmiştir. Ayrıca, akış ve parti tipi proses endüstrileri arasındaki farklılıklar belirginleştirilmeye çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde, imalat performansı kavramı ve ölçümü incelendikten sonra proses kontrol ve yeterlilik kavramlarının tanım ve amaçlarına yer verilmiş, endüstriyel sistemler açısından proses kontrolünün farklılaşan yönleri irdelenmiştir. Daha sonra proses endüstrisinde proses kontrolünün yeri ve önemi üzerinde durulmuştur. Ayrıca, kullanılmakta olan farklı proses kontrol teknikleri incelenerek çalışmanın amacına uygun bir sınıflandırma yapılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünü, modelleme yaklaşımı oluşturmaktadır. Bu bölümde, öncelikle prosesin özellikleri ve işleyiş yapısına yer verilmiştir. Daha sonra çalışmada izlenen algoritmik adımlar şematize edilerek, veri toplama, yapılandırma ve modelleme aşamalarında izlenen yöntem sistematik olarak anlatılmıştır. Bir sonraki başlıkta, prosesin mevcut durumu, kontrol grafikleri ve yeterlilik hesaplamaları ile analiz edilerek değerlendirilmiştir. Ayrıca bu başlık altında çalışmada kullanılan grafikler ve proses yeterlilik formüllerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Kurgulanan modelin yapısal özellikleri anlatıldıktan sonra model çalıştırılarak nihai ürün karakteristiklerinin performansını iyileştiren yeni tolerans aralıkları belirlenmiştir. En son aşamada ise modelin ürettiği sonuçlar, gerek yeni tolerans aralıkları gerekse yeterlilik açısından mevcut durumla karşılaştırılmıştır.

1. PERFORMANS YÖNETİM SİSTEMİ

İşletmelerin günümüz rekabet ortamında varlığını sürdürebilmeleri, doğru işleri doğru şekilde yapmalarına ve kendilerini sürekli geliştirmelerine bağlıdır. Gelişimin sağlanabilmesi ve yönetilebilmesi, içsel ve dışsal performansın sürekli izlenmesi ve gerekli durumlarda, doğru eylem ve önlemlerin uygulamaya geçirilmesiyle mümkündür.

Başlangıçta ölçme ve değerlendirme dar bakışıyla ele alınan performans anlayışı, rekabet unsurlarındaki ve yönetim anlayışındaki gelişime paralel olarak, işletme sisteminin tüm yönlerini kapsayan ve onlarla etkileşim içerisinde olan bir yönetim sistemi anlayışına dönüşmüştür. Çalışmanın bu bölümünde performans yönetim sisteminin yapısı, performans kavramının gelişimi, bileşenleri ve etkileşimleri itibariyle sistem yaklaşımı içerisinde ortaya konmaya çalışılmıştır.

1.1. Performans Kavramı

Başarı anlamına gelen performans kelimesi, genel olarak, amaçlı ve planlanmış bir etkinliğin sonucunda elde edileni, nitel veya nicel olarak belirleyen bir kavramdır. İşletme düzeyinde incelendiğinde de benzer bir özellik taşıyan performans kavramı, işletme amaçlarının gerçekleştirilmesi için gösterilen tüm çabaların değerlendirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Akal, 1998, s.1).

Performans kavramı, sürekli gelişen ve değişen bir süreç izlemiştir. Bu süreçte, işletmelerin performansla bakış açısı yönetimlerin performans anlayışları ile paralellik göstermiştir.

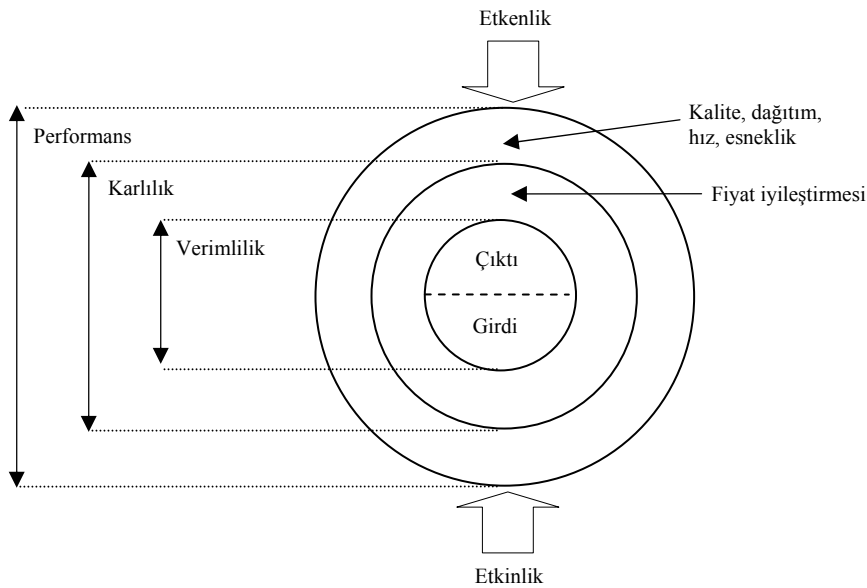
Ekonomik performans, bilinen en eski ve önemini yitirmemiş olan anlayıştır. Ekonomiklik kısaca, işletmenin belirli bir dönem içerisinde elde ettiği satış gelirlerinin, satışlarının maliyetine oranı şeklinde tanımlanmaktadır (Kuruüzüm, 1992, s.9). İşletmenin performansını değerlendirmede önemli bir sonuç göstergesi olan karlılık, bu anlayışın en önemli hedeflerinden birisi olmuştur.

II. Dünya Savaşı'ndan sonra yoğun talep ve üretim kaynaklarının oluşturduğu ortam verimliliği ön plana taşımış ve işletmelerin performans anlayışında maliyet dışı göstergeler ağırlık kazanmaya başlamıştır. Üretilmiş mal ve hizmet miktarı ile bu mal ve hizmetin

üretiminde kullanılan kaynakların miktarı arasındaki ilişkiyi ifade eden verimlilik, genellikle Çıktı/Girdi oranıyla formüle edilmektedir (Starr, 1989, s.6). Verimliliği, toplam verimlilik, toplam faktör verimliliği ve kısmi verimlilik gibi farklı boyutlarda ele almak mümkündür. Verimlilikle yakından ilişkisi olan diğer kavramlar ise etkinlik (efficiency) ve etkenliktir (effectiveness). Etkinlik, “yaptığını doğru yapmak”, etkenlik ise “doğru olanı yapmak” olarak tanımlanmaktadır.

1960-70’li yıllardan itibaren kısaca “tüketiciyi tatmin ederek kar sağlama” olarak ifade edilen tüketici yönelimli pazarlama anlayışının gelişmesi (Mucuk, 2001, s.9), yönetimin performans anlayışını da değiştirmiş, başarıyı ölçmede tüketici tatmini, kalite, dağıtım güvenilirliği (delivery reliability) gibi yeni göstergeler önem kazanmaya başlamıştır.

Performans kavramının genişleyen yapısını Tangen (2002), Şekil-1.1’de gösterilen Üç-P (Productivity-Profitability-Performance) modeli ile ifade etmiştir. Modelin merkezinde çıktı ve girdi oranları şeklinde ifade edilmiş verimlilik yer almaktadır. Karlılık, çıktı ve girdi arasındaki ilişki olarak görülmekle birlikte daha çok fiyat faktörlerinin etkilerini içermektedir. Performans ise kalite, hız, dağıtım ve esneklik gibi maliyet dışı faktörlerin yanı sıra karlılığı ve verimliliği de kapsayan bir şemsiye olarak nitelendirilmektedir. Modelde etkinlik, tüketiciler için değer yaratmak ile ilişkilendirilmiş ve imalat dönüşüm süreçlerinin çıktıları üzerine odaklanıldığında kullanılan kavram olarak ele alınmıştır. Etkinlik ise kaynakların kullanımı ile ilişkilendirilmiş ve dönüşüm sürecinde girdilerin daha iyi nasıl kullanılacağını temsil eden kavram olmuştur.



Şekil 1.1. Üç-P modeli (Tangen, 2002, s.3)

İşletmelerde performans anlayışında geline en son nokta performans kavramının bir yönetim sistemi mantığı içerisinde ele alındığı performans yönetim anlayışdır. Artık işletmeler, işletme stratejisi ve amaçları, örgüt yapısı, kullanılan teknoloji ve çalışanların eğitimi gibi işletme içi yapılanların yanı sıra, tüketici beklentileri, rakiplerin performansı gibi dış çevre konularını da dikkate alarak performanslarını geliştirmeye ve yönetmeye çalışmaktadırlar.

1.2. Sistem ve Sistem Yaklaşımı Kavramları

Sistem en yalın haliyle, birbiriyle etkileşimli parçaların oluşturduğu bütündür. Detaya inildiğinde sistem, “önceden saptanan bir veya daha fazla amacı gerçekleştirmeye yönlendirilmiş, birbiriyle etkileşimli alt elemanlardan oluşan ve yaşamını devam ettirebilmek için kendi yapısındaki veya çevresindeki kaynakları kullanan organize bütün” (Kuruüzüm, 1986, s.4) olarak tanımlanmaktadır.

Tanımda ön plana çıkan birinci unsur, belirli parçaların oluşturduğu organize bütünlüktür. Bütünlük, sistemin her bir parçasının diğer tüm parçalara ve sisteme, herhangi bir parçadaki bir değişikliğin diğer tüm parçaları ve sistemin bütününe etkileyecek şekilde bağlanmış olmasını ifade etmektedir (Barutçugil, 1983, s.5).

Parçalar, sistemin elemanlarıdır ve sistemden ayrı düşünüldüklerinde kendilerine özgü işleyiş özellikleri bulunmaktadır. Ancak, sistem içerisinde birlikte çalıştırıldıklarında, karşılıklı etkileşimden kaynaklanan bir sinerji oluşturmakta ve sistem çıktısı üzerinde, bireysel katkılarının toplamından daha fazla etki yaratmaktadırlar (Schroeder, 1989, s.195). Sistemin elemanları aynı zamanda sistemin alt sistemlerini oluşturmaktadır. Sistem faaliyeti, bu alt sistemler arasındaki fonksiyonel ilişkilerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Sistemi oluşturan elemanlar, ortak bir veya birden fazla amacı gerçekleştirmeye yönelmişlerdir. Sistemde ana amaçların yanı sıra bu amaçları gerçekleştirmeye dönük alt amaçlarda oluşturulabilmektedir. Amaçların fazlaşması ve çelişik olması sistemin karmaşıklığını da artırmaktadır. Amaçların ölçülebilir değerlerden oluşması sistem performansının ölçülmesine yönelik tekniklerin kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Sistemin kaynakları, sistemin özelliklerinden belirlenen ve amaçları gerçekleştirmede karar verici tarafından kontrol edilebilen değişkenlerdir. Çevre ise sistemin sınırları dışında kalan her şeydir. Sistemleri, çevre ile olan ilişkilerine göre açık ve kapalı olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür. Çevre ile etkileşimi olmayan sistem kapalı bir sistemdir. Açık sistem ise çevreden gelen kontrol edilemeyen değişkenlerin etkisi altında olan sistemdir.

Sistem yaklaşımının temelini, “sistem” olarak ele alınan bütünün amacını gerçekleştirmesi oluşturmaktadır. Sistem yaklaşımında ağırlık, sistemin amaçları, çevresi ile olan ilişkileri, alt sistemleri, alt sistemler arasındaki ilişkiler ve alt sistemlerin ana sisteme yaptığı katkı üzerine toplanmaktadır (Koçel, 1998, s.162).

Sistem yaklaşımı bu ilişkileri ve katkıyı incelerken, karmaşık bir olayla karşılaşıldığında, olayı daha küçük ve daha az karmaşık parçalara ayırıp inceleyen ve daha sonra bu bulguları bir araya getirip bütün hakkında fikir sahibi olmayı öneren geleneksel analitik düşüncenin yerine, tüm olguları “sistem” olarak algılayan bir sentez anlayışını getirmektedir (Demir, 1988, s.18). Dolayısıyla sistem yaklaşımı, sorunlar sistemini çözen bir teknik değil, sorunları çözmeye bakış açısı sunan bir felsefedir.

1.3. Performans Yönetim Sistemi Tanım ve Kapsamı

İşletmelerde performans değerlendirme süreci içerisinde başlıca üç ana soruya cevap aranır: Şimdi neredeyiz?, Daha ne kadar iyi olabiliriz? ve Nerede olmalıyız? (Akal, 1998, s.13).

Organizasyonun mevcut durumunun, potansiyel gücünün değerlendirildiği ve uzun dönemli amaçlarının ortaya konduğu bu sorularla, organizasyon performansının tanımlanması, değerlendirilmesi ve geliştirilmesine ilişkin alanların çerçevesi çizilmektedir. Bu soruların cevaplanabilmesi nelerin, nasıl ve hangi araçlarla ölçülmesi gerektiğini belirginleştirmekle mümkündür.

Performans ölçüm sistemleri, organizasyonlarda tüm hedef ve amaçların başarılmasına önderlik eden stratejilerin sürdürülmesinde, süreçleri kontrol etmenin ve izlemenin bir aracı olarak geliştirilmişlerdir. Performans ölçümlerinin sonuçları niçin yapıldığının veya ne yapılması gerektiğinin değil, ne yapıldığının göstergesidir. Dolayısıyla performans

ölçüm sonuçlarının kullanımını etkin kılabilmek “performans ölçümü”nden “performans yönetimi”ne doğru dönüşümü gerçekleştirmekle mümkündür (Amaratunga ve Baldry, 2002(a), s.217).

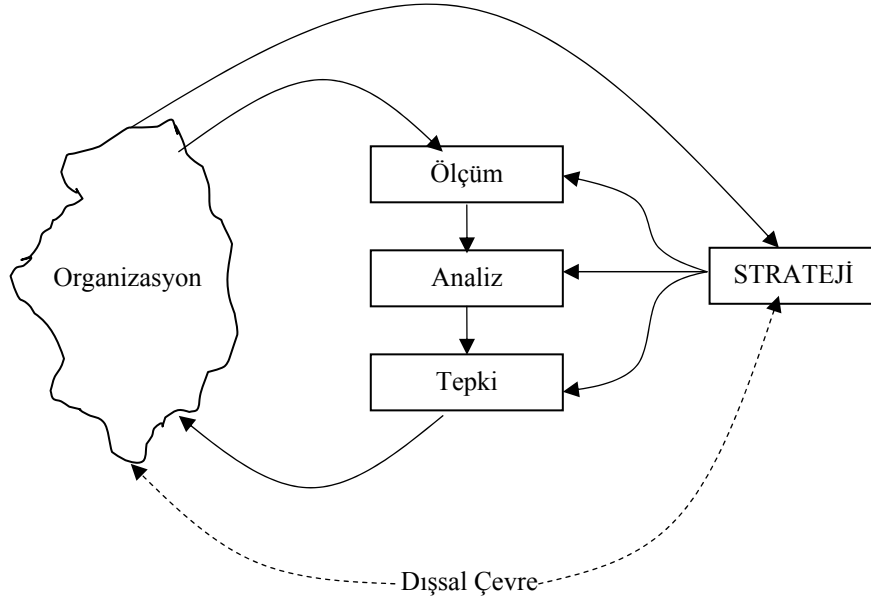
Bilindiği gibi yönetim, belirli bir takım amaçlara ulaşmak için başta insanlar olmak üzere parasal kaynakları, donanımı, demirbaşları, hammaddeleri, yardımcı malzemeleri ve zamanı birbiriyle uyumlu, verimli ve etkin kullanabilecek kararlar alma ve uygulama süreçlerinin toplamıdır (Esen, 1993, s.3). Yönetimin temel fonksiyonlarını, planlama, örgütleme, yürütme, koordinasyon ve faaliyet sonuçlarını denetleme ve değerlendirme oluşturmaktadır.

Performans yönetimi, özellikle, yönetimin planlama ve denetim fonksiyonlarının daha geniş sınırlar ve performans kavramındaki gelişmeler çerçevesinde uygulanmasına yönelik gelişmiş bir yönetim anlayışı olarak algılanmaktadır (Akal, 1998, s.50). Literatürde performans yönetimine ilişkin farklı tanımlamalara rastlamak mümkündür. Örneğin, Macey (2001, s.1) performans yönetimini, organizasyonun ortak ve fonksiyonel stratejilerine ve amaçlarına ulaşması için etkin ve etkin yönetilmesini sağlayacak kapsamlı bir süreç olarak tanımlamaktadır. Frolick ve Ariyachandra (2006, s.41), performans yönetimini, organizasyon stratejisinin yürütülmesini ve geliştirilmesini optimize etmek için tasarlanmış uygulamalar ve iş süreçleri serisi olarak tanımlamışlardır. Bu tanımlamalarda organizasyon stratejisi ön plana çıkarken, Amaratunga ve Baldry (2002(a), s.218), performans ölçüm bilgisinin kullanımı üzerinde durmakta ve performans yönetimini, belirlenmiş performans hedefleri, tahsisler ve kaynak öncelikleri aracılığıyla organizasyonel kültür, sistem ve süreçlerde olumlu değişime etki edecek performans ölçüm bilgisinin kullanımı şeklinde tanımlamaktadırlar. Buradaki bilgi, hedeflere ulaşmak için yürürlükte olan politika ve programların değiştirilmesi veya sağlamlaştırılması yönünde yöneticilere yol gösterir bir nitelik taşımaktadır.

Çalışmanın amacına uygun bir performans yönetimin sistemi tanımını yapmadan önce sistemin kapsamını incelemek gerekmektedir. Bu kapsamı Smith ve Goddard (2002, s.248) basitçe Şekil-1.2’deki gibi şematize etmişlerdir. Ölçüm (measurement), analiz (analysis) ve tepki* (response) olarak adlandırılan üç kutu tarafından tanımlanmış içsel döngü, performans yönetimine dar bakışı temsil etmektedir. Sisteme dışsal çevrenin ilave

* Ölçüm ve analiz sonuçlarını objektif bir bakış açısıyla değerlendirip, olumlu katkı yaratacak şekilde sisteme yansıtma.

edilmesiyle daha geniş bir bakış açısına ulaşılmaktadır. Bu durum şekilde dışsal döngüyle gösterilmiştir. Bu döngü daha dinamik ve şartlar değiştiğinde stratejide gerekli düzenlemeler yapılabileceğini ifade etmektedir. Burada vurgulanması gereken nokta performans yönetiminde strateji bileşeninin artan önemidir. Zira strateji, organizasyon amaçlarının tanımlanmasındaki önemi nedeniyle performans yönetiminin kritik parçalarından birisidir (Robinson vd., 2005, s.205).



Şekil 1.2. Performans yönetim sisteminin şematik gösterimi (Kaynak: Smith ve Goddard, 2002, s.248)

Sonuç olarak, bu çalışmanın konusuna uygun performans yönetim sistemi tanımını, “organizasyonun stratejisi doğrultusunda belirlenen hedef ve amaçlardan sapmaları minimize etmek amacıyla, yürütülen faaliyetlerin izlenmesi, ölçülmesi, analiz ve değerlendirilmesi süreçlerini kapsayan ve ürettiği bilgi ile yönetime karar desteği sağlayan sistematik bir bütün” şeklinde yapmak mümkündür.

1.4. Performans Yönetim Sisteminin Gelişimi

Performans değerlemeye olan ilgi, F.W. Taylor’un, işçilerin aldıkları ücret ile verimlilikleri arasında anlamlı bir ilişki kurulmasını önerdiği Bilimsel Yönetimin İlkeleri çalışması ile başlamış ve günümüze kadar artarak devam etmiştir (Amaratunga ve Baldry, 2002(b), s.327; Smith ve Goddard, 2002, s.217).

Literatürde performansı, performans ölçütü, ölçümü, ölçüm sistemi gibi başlıklar altında inceleyen bir çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Bu başlık altında, performansı yönetim sistemi mantığı içerisinde ele alan çalışmalara yer verilmiştir.

Performans yönetimi, uzun yıllar çalışan davranışlarının mikro düzeyde yönetimi ile eşanlamli tutulmuştur (Smith, ve Goddard, 2002, s.217). McGregor (1957), çalışan performansının değerlendirilmesine (appraisal) ilişkin prosedürel bir yaklaşım sunan literatürdeki ilk yazarlardan biridir (Heide, 1993, s.8). Bu çalışmada, çalışanların performans hedeflerinin oluşturulması ve değerlendirilmesi ile ilgili konuların, çalışanlarla birlikte yürütülmesi ve yöneticinin bu çalışmalar esnasında koçluk yapması (coaching) önerilmektedir (McGregor, 1957, s.91). Meyer vd. (1965, s.124), bu çalışmayı daha da geliştirerek şu sonuçlara ulaşmışlardır: çalışanların performansını geliştirmede eleştirinin etkisi negatif yönlüdür; spesifik hedefler belirlemek performans gelişimine olumlu etki yapmaktadır; yöneticinin koçluk yapması aylık veya yıllık değil, günlük bir faaliyet olmalıdır.

“Performans yönetim sistemi” kavramı ilk kez, 1976 yılında Beer ve Ruh tarafından kullanılmıştır. Beer ve Ruh’un (1976, s.60), Corning Glass Works şirketinde yönetim ve operasyonel düzeyde çalışanların performanslarını, yönetme, ölçme ve geliştirme amacıyla uyguladıkları sistem, şu dört karakteristik ile diğer performans değerlendirme sistemlerinden ayrılmaktadır:

- i. Alt çalışanlarla ilgili yöneticinin üç biçimsel rolünü (yönetmek, karar vermek, yardımcı olmak) tanımlama,
- ii. Gelişme ve değerlendirmenin önemini vurgulama,
- iii. Bireylerin, kendileri ile ilgili kuvvetli ve geliştirilebilir yönlerini görebilecekleri bir profil kullanma, ve
- iv. Elde edilen sonuçları entegre etme.

Performans yönetim sistemini, insan kaynakları yönetimi yaklaşımıyla inceleyen çalışma örneklerini artırmak mümkündür. Örneğin, Beer vd. (1978), Corning Glass’daki çalışmalarını daha da geliştirmişler, Johnson ve Bell (1987), oluşturdukları “çift odaklı (bifocal) gelişim modeli”ni Washington Ulusal Bankası’nda uygulamışlardır.

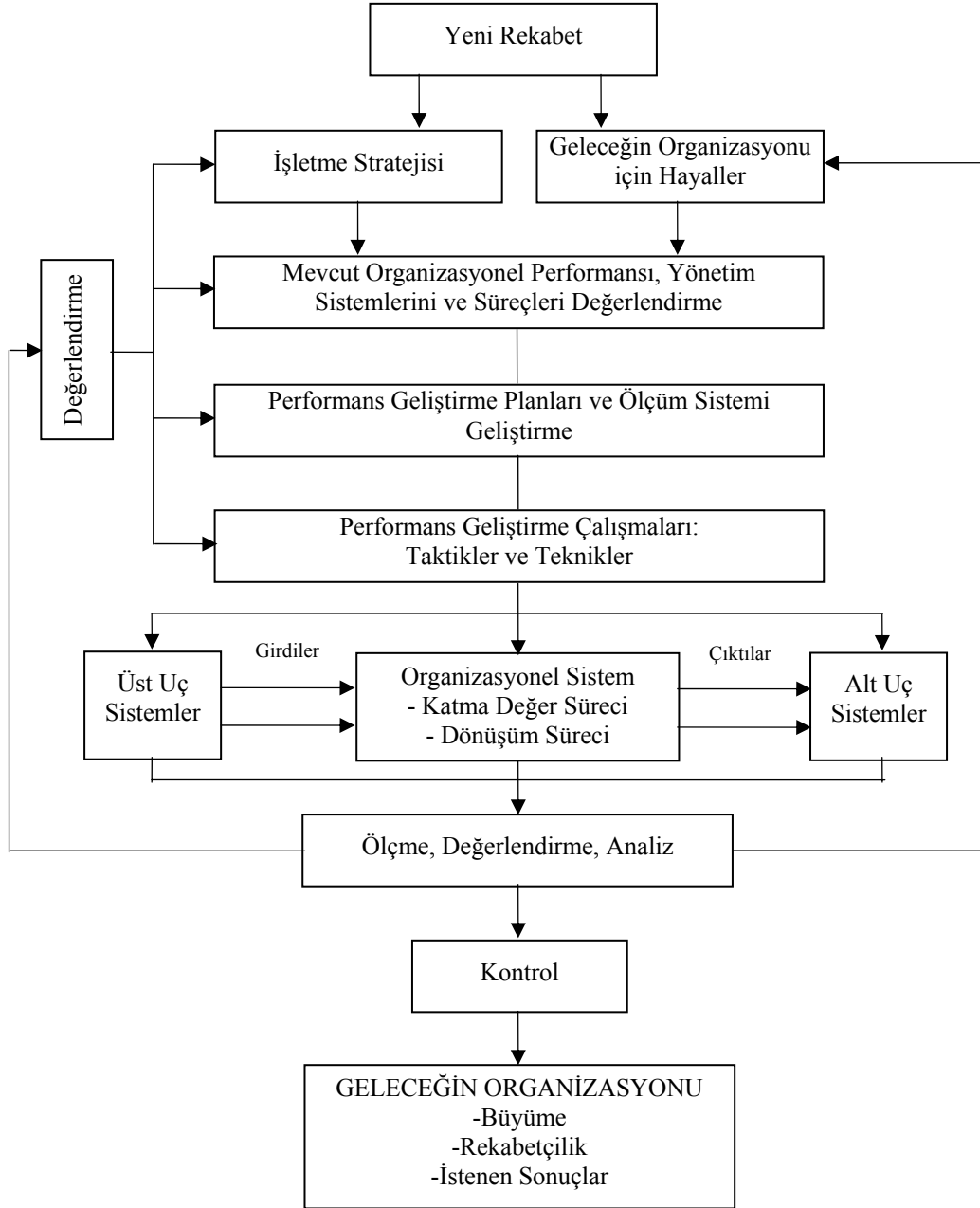
Özellikle 1990'lı yılların başlarından itibaren oluşan yeni rekabet ortamı, işletmelerin performans yönetimine bakış açılarını değiştirmiş ve performans yönetim sistemleri organizasyon stratejisini de içerisine alan geniş bir yapıya ulaşmıştır. Bu gelişen yapı içerisinde performans yönetim sistemi kurgulamasında ön plana çıkan çalışmaları, sistemi adimsal süreçlerle tanımlayan (Sink ve Tuttle, 1990; Medori ve Steple, 2000), organizasyon hiyerarşisini ön planda tutan (Lynch ve Cross, 1991) ve içsel ve dışsal çevrenin beklentileri arasında denge kuran (Kaplan ve Norton, 1992; Neely vd., 2001) çalışmalar olmak üzere üç grup altında toplamak mümkündür.

a) Performans yönetim sistemini adimsal süreçlerle tanımlayan çalışmalar

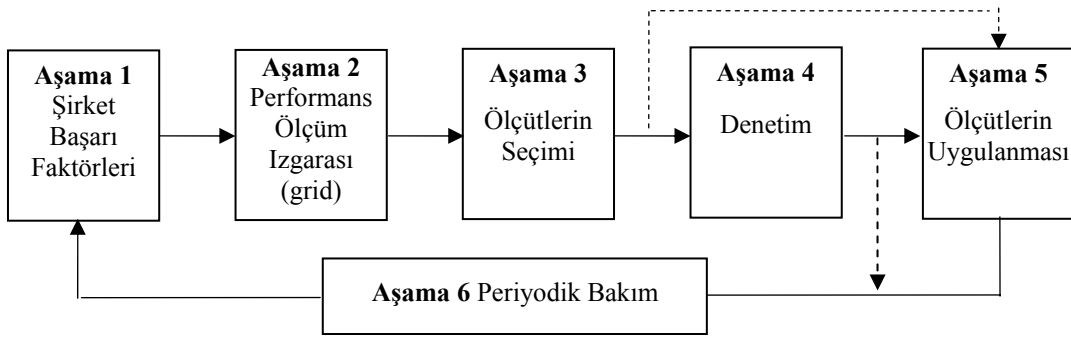
Sink ve Tuttle (1990), performans düzeylerini geliştirme, rekabet edebilme, büyüme, yaşamını sürdürme ve geleceğin örgütü olabilme gibi daha uzun dönemli amaçlara ulaşabilmek ve bunları kontrol edebilmek için sekiz adımdan oluşan bir performans yönetim süreci tasarlamışlardır (Şekil-1.3). İşletme stratejisi ve geleceğe dönük hayaller ile başlayan bu süreç, mevcut performans yönetim sisteminin ve süreçlerin değerlendirilerek strateji ile uyumlu hale getirilmesi, performans geliştirme planlarının ve ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi, taktik ve tekniklerin belirlenmesi, hedeflere ulaşıp ulaşılmadığını belirlemede ölçme, değerlendirme ve analizlerin yapılması, sonuçların kontrol edilmesi ve gereken durumlarda strateji ve işletme ufkunda (vizyon) düzenlemeler yapılması adımlarından oluşmaktadır.

Medori ve Steple (2000)'in entegre modeli ise altı aşamada detaylandırılmıştır (Şekil-1.4). Modelde birinci aşamayı, imalat stratejisi ve başarı faktörleri ile ilgili tanımlamalar oluşturmaktadır. İkinci aşamada, rekabetçi öncelikler (kalite, maliyet, esneklik vb.) ile bir önceki aşamada tanımlanmış her bir stratejik başarı faktörünün eşleştirmesi yapılmaktadır. Üçüncü aşama, uygun ölçütlerin seçimi aşamasıdır. Ölçütler, her birinin hesaplama yöntemi ve tanımlaması daha önceden yapılmış olan ve çoğunluğu finansal olmayan 105 ölçüt arasından seçilmektedir. Eğer işletmenin mevcut bir performans ölçüm sistemi yoksa beşinci aşamaya geçilmektedir. Seçilmiş yeni ölçütlerle mevcut ölçütlerin uyum ve farklılıkları dördüncü aşamada denetlenmektedir. Mevcut ölçütlerle seçilmiş ölçütler arasında bir uyum sağlanamıyorsa altıncı aşamaya geçilmektedir. Beşinci aşama, ölçütleri uygulama aşamasıdır. Bu aşama, ölçütün adı, amacı, ne ile kıyaslanacağı, hesaplama yöntemi, kayıt ve raporlama sıklığı, veri kaynağı, kimin sorumluluğunda olduğu ve geliştirme eyleminin nasıl yapılacağına tanımlandığı sekiz adımlık bir plandan

oluşmaktadır. Altıncı ve son aşama, strateji değişimleri vb nedenlerle sistemin yeniden incelemeye alındığı periyodik bakım, diğer bir ifadeyle geribildirim aşamasıdır.



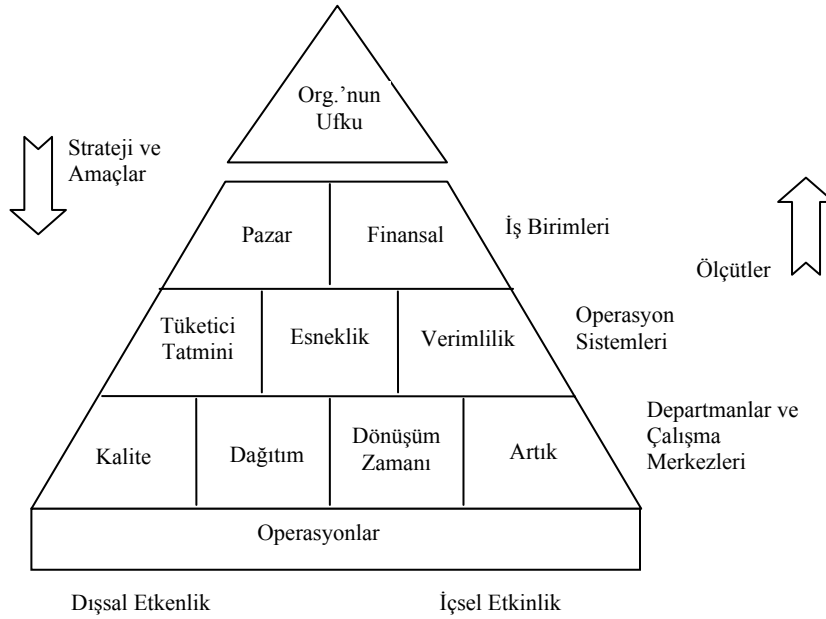
Şekil 1.3. Performans yönetim süreci (Kaynak: Sink ve Tuttle, 1990, s.6)



Şekil 1.4. Entegre edilmiş performans ölçüm modeli (Kaynak: Medori ve Steple, 2000, s.523).

b) Performans yönetiminde organizasyon hiyerarşisi

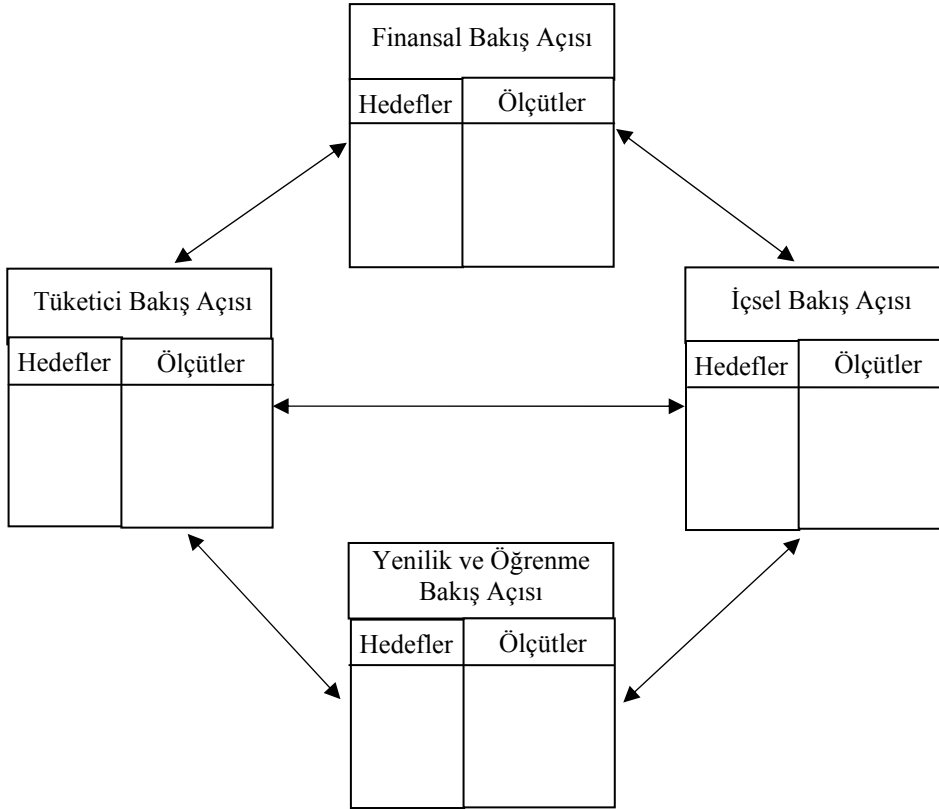
Lynch ve Cross (1991), geliştirmiş oldukları performans piramidi modeliyle organizasyonun farklı hiyerarşik düzeylerindeki performans ölçütleri arasında açık bir bağ kurarak her bir fonksiyon ve departmanı aynı amaca yönelten bir performans yönetim sistemi tasarlamışlardır (Şekil-1.5). Bu hiyerarşik yapı içerisinde dört farklı düzeyden bahsedilmektedir. Piramidin üstünde, üst yönetim tarafından açıkça ifade edilmiş olan organizasyon ufku yer almaktadır. İkinci düzeyde, her bir iş biriminin (business unit) amaçları vardır. Bu düzeyde, pazar ve finansal koşullar tanımlanmış, stratejiler formüle edilmiş ve tanımlanmış amaçlara nasıl ulaşılabileceği belirlenmiştir. Üçüncü düzey, tüketici tatmini, esneklik ve verimlilik gibi önceliklerin ve daha somut operasyon amaçlarının yer aldığı düzeydir. Piramidin temelinde ise kalite, dönüşüm zamanı, dağıtım gibi spesifik operasyonel kriterlere dönüştürülmüş amaçlar yer almaktadır. Modelde, stratejik amaçların yukarıdan aşağı doğru, ölçütlerin ise aşağıdan yukarı doğru geri bildirim ile strateji ve amaçlar arasında etkin bir bağ kurulmuştur.



Şekil 1.5. Performans piramidi (Kaynak: Lynch ve Cross, 1991, s.65)

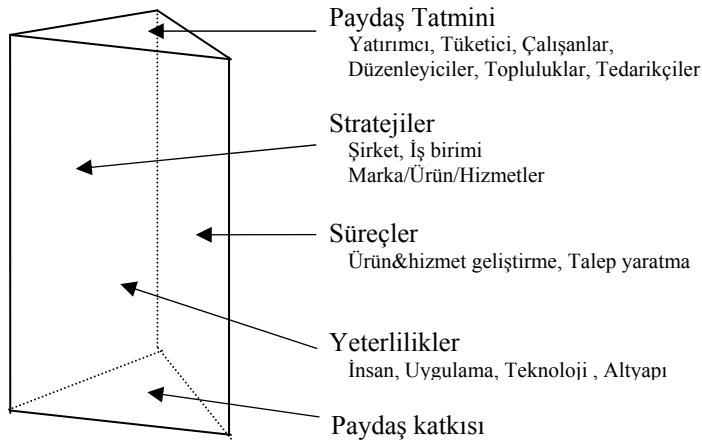
c) Performans yönetiminde içsel ve dışsal denge kuran çalışmalar

Performans yönetim sistemi tasarımları içerisinde en çok bilinen ve yaygın olarak kullanılan yaklaşım, Kaplan ve Norton (1992) tarafından önerilen dengeli puan kartlarıdır (balanced scorecard). Bu yaklaşım, hissedarlara (shareholder) nasıl bakıyoruz? (finansal bakış açısı), tüketiciler bizi nasıl görüyor? (tüketici bakış açısı), Ne de üstün olmalıyız? (içsel bakış açısı) ve gelişim ve değer yaratmaya katkı yapabilir miyiz? (yenilik ve öğrenme bakış açısı) sorularından oluşan dört farklı bakış açısı arasında bir bağ kurmaya çalışmaktadır (Şekil-1.6). Daha sonraki çalışmalarla geliştirilen dengeli puan kartlarını Kaplan ve Norton (1993, s.134), işletmenin stratejik amaçlarını, uygun performans ölçütleri setine dönüştürmek için kapsamlı bir yapı sunan ve bir ölçüm uygulamasından çok, ürün, süreç, tüketici ve pazar geliştirme gibi kritik alanlarda gelişmeyi motive edici bir yönetim sistemi olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 1.6. Dengeli puan kartı (Kaynak: Kaplan ve Norton, 1992, s.72)

İşletmenin çevresi ve ihtiyaçlarındaki değişim nedeniyle dengeli puan kartları yaklaşımının güncelleştirilmesi gerektiğini ifade eden Neely vd (2001) alternatif olarak performans prizması yaklaşımını önermişlerdir (Şekil-1.7). Paydaş (stakeholder) odaklı bir yaklaşım olan performans prizmasında birbiriyle ilişkilendirilmiş beş yön bulunmaktadır. Bunlardan ilki, “paydaşlar kimlerdir, ihtiyaç ve istekleri nelerdir?” sorusuna cevap arayan paydaş tatmini bakış açısıdır. İkincisi, “paydaşlarımızın ihtiyaç ve isteklerini karşılamamız için gerekli stratejiler nelerdir?” sorusuna cevap arayan strateji yönüdür. Uygulanan stratejilerin paydaşlara yansıtılmasını sağlayacak süreçler, prizmanın üçüncü yönünü oluşturmaktadır. Yeterlilikler (capabilities) prizmanın dördüncü yönüdür. Süreçlerin işletilmesi için gerekli olan insan, uygulama, teknoloji ve altyapı kombinasyonunun yeterliliğini incelemektedir. Prizmada beşinci ve son yönü oluşturan paydaşların katkısı, bu yeterlilikleri geliştirmede ve korumada “paydaşlardan istediğimiz nedir?” sorusunun cevabını aramaktadır. Paydaşlar ve organizasyon arasındaki bu karşılıklı ilişki performans prizmasının kritik ve tek belirleyici özelliğidir.



Şekil 1.7. Performans prizması (Kaynak: Tangen, 2004, s.734)

Sonuç olarak, başlangıçta insan kaynakları yönetiminin bir alt dalı olarak algılanan performans yönetimi, tarihsel gelişim süreci içerisinde bu geleneksel yaklaşımdan uzaklaşarak, organizasyonun ufkunu, stratejisini ve paydaşlarını da kapsayan daha geniş ve karmaşık bir yapıya ulaşmıştır.

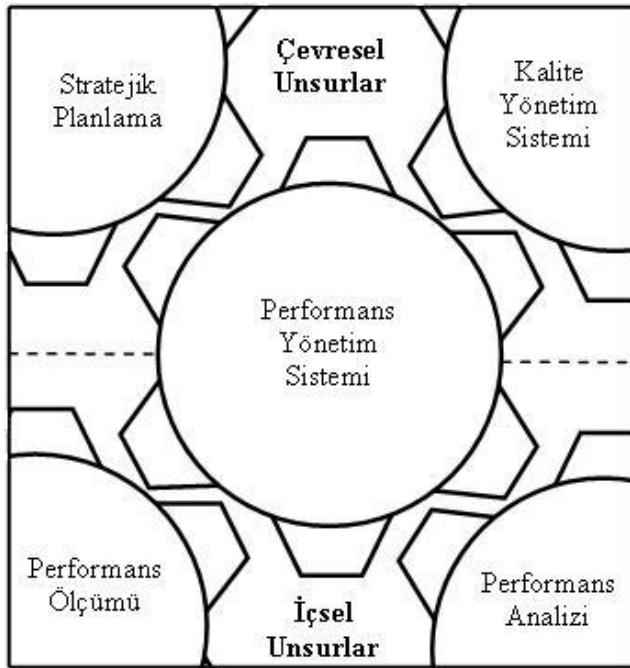
1.5. Performans Yönetim Sisteminin Etkileşimleri

İşletmelerde performans yönetim sistemi, sürekli gelişmenin sağlanması ve rekabetçiliğin korunmasında önemli bir konuma sahiptir. İşletmenin devamlılığının sağlanması ve yürütülmesinde bir çark görevi gören performans yönetim sistemi, kullandığı girdiler ve ürettiği çıktılar itibariyle farklı unsurlarla etkileşim içerisindedir. Bu unsurları, çevresel ve içsel olmak üzere iki ana grupta ele almak mümkündür.

Çevresel unsurlar, performans yönetim sisteminin tasarımına, amaç ve hedeflerinin oluşturulmasına kaynak sağlayan ve sistemin ürettiği çıktıları kullanan, değerlendiren ve sistemi yönlendiren veya sistem tarafından yönlendirilen unsurlardır. Bu unsurlardan en önemlileri işletmenin stratejik planları ve kalite yönetim sistemidir.

İçsel unsurlar, performans yönetim sisteminin alt bileşenlerinden oluşmaktadır. Belirlenmiş alanlarda ve periyotlarda performans ölçümlerinin yapılması ve ölçüm sonuçlarının çeşitli tekniklerle analiz edilmesi bu unsurlar tarafından gerçekleştirilmektedir.

Performans yönetim sistemi, stratejik planlanın oluşturulması ve başarıyla uygulanması, sürekli iyileştirmenin sağlanması konularında, ölçüm ve analiz alt bileşenleri aracılığıyla performansa ilişkin izleme, ölçme, analiz ve değerlendirmeler yapan, değerlendirme sonuçlarını strateji ve kalite yönetim sistemi unsurlarıyla paylaşan ve böylece bu dört unsur arasında bağ kurarak sisteme hareketlilik kazandıran merkezi çarktır (Şekil-1.8).



Şekil 1.8. Performans yönetim sisteminin işlevi

1.5.1. Stratejik Planlama

Planlama, gelecek hakkında, kısa ve uzun vadeli amaçlar ile bunları gerçekleştirmek üzere izlenecek yollar hakkında düşünme süreci, plan ise bu süreç sonunda verilen karar veya kararlar toplamıdır (Koçel, 1998, s.8). Planlar ile planlama sürecinde saptanan amaçlara ulaşmak için gereken etkinliklerin iletişimi, eşgüdümü, uygulanması ve kontrolü için baz alınacak hareket düzeni belirlenmektedir (Akal, 1998, s.54).

Dolayısıyla stratejik planlama, işlemenin uzun dönemli hedef ve amaçlarının saptanması ve bu hedeflere ulaşmak için ne yapılması gerektiğini belirleme sürecidir. Bu süreç sonunda oluşturulan stratejik planlar, tüm organizasyonu kapsayan bağlayıcı bir nitelik taşımakta ve daha alt düzeyde yapılan planlar için temel oluşturmaktadır.

Performans yönetimi, performans ölçüm sistemlerinin tasarımında, ölçüm sonuçlarının kontrolü ve değerlendirilmesinde stratejik planlama ile karşılıklı etkileşim içerisindedir.

Bu etkileşimin etkin ve güçlü olması organizasyonun belirlenmiş amaç ve hedeflerini başarımada en önemli faktördür.

Stratejik planların oluşturulması aşamasında, mevcut durumu tespit etmek, neyin, niçin yapılacağını belirlemek amacıyla ölçümler yapmak gerekecektir. Benzer şekilde planların uygulanması esnasında da ne yapıldığının ve ne yapılması gerektiğinin belirlenmesi için ölçümlere ihtiyaç duyulacaktır. Performans ölçüm sistemlerinden beklenen faydanın sağlanması stratejiyi yansıtacak yapıda tasarlanmalarına bağlıdır. Kullanılacak ölçütler stratejiden türetilmeli ve strateji ve amaçların karşılanması ile ilgili geri bildirim sağlamalıdır (Grady, 1991, s.50). Dolayısıyla performans yönetimi, ölçütlerin seçimi ve ölçüm sistemin tasarımında stratejik planlama ile etkin bir ilişki kurmak zorundadır.

Kontrol sistemleri, stratejiyi uygulama ve stratejide düzenlemeler yapma konusunda kritik öneme sahiptir. Performans ölçüm sistemleri etkin bir stratejik kontrolün kalbidir (Slater vd., 1997, s.39). Performans yönetim sistemi kontrol işlevini yerine getirirken “ne yapıldığının” ve “nasıl yapıldığının” da ötesinde “ne yapılmaya çalışıldığı”, “ne kadar iyi yapıldığı” ve “başka ne yapılmalı” sorularına da cevap arayarak stratejilerde düzenlemeler yapılmasına katkıda bulunmaktadır.

Performans yönetim sistemi, planların başarıyla uygulanmasında da önemli bir rol üstlenmiştir. Ölçüm sonuçlarını sürekli kontrol ederek plandan sapmaları anında tespit edebilmekte ve sorunları kaynağında çözebilmektedir. Kontrol edilemeyen gelişmeler ortaya çıktığında ise üst yönetime bildirilmekte ve stratejik planların düzeltilmesi veya değiştirilmesi sağlanmaktadır (Akal, 1998, s.57).

1.5.2. Kalite Yönetim Sistemi

İşletmelerin standartlara gereksinim duyma ve kendi hareket alanlarını veya özgürlüklerini sınırlayan kurallar üretme çabasına dayalı olarak rekabet etme nedenlerinin altında, genellikle kollektif ilişkiler ve ihtiyaçlar ile serbest bir piyasanın vahşi güçleri arasında hassas bir denge arayışı yatmaktadır. Ulusal ekonomik sistemin gelişmesinde gönüllü standartlar ve gerektiğinde zorunlu standartlar, bu hassas dengenin sağlanması açısından son derece önemli bir role sahiptirler (Kuruüzüm vd., 2004, s.227).

Gönüllü standartlar arasında yer alan ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri, müşteri odaklılık ve sürekli iyileştirme yaklaşımları üzerine odaklanılarak revize edilmiş ve ISO 9000:2000 Kalite Yönetim Sistemi standartları olarak yeniden düzenlenmiştir. Bu yeni standartları aşağıda belirtilen dört ana başlıkta özetlemek mümkündür (Babic, 2000, s.57):

- *Yönetimin sorumluluğu*: Bir şirketin kalite politikası, sürekli iyileştirmeyi içermeli ve hedeflere ulaşmanın ana hatlarını sunmalıdır. Yönetim düzenli incelemelerle hedeflere ulaşmayı sağlayacak süreçleri izlemeli ve gerekli durumlarda değişiklikler yapmalıdır.
- *Kaynak yönetimi*: İyileştirmeyi başarmak için yönetimi yetkilendirmede ihtiyaç duyulan tüm kaynaklar sağlanmalıdır.
- *Ürün gerçekleştirme (realization)*: Süreçler oluşturulmalı ve yürürlüğe konmalıdır.
- *Ölçme, Analiz ve İyileştirme*: Organizasyonda çıktı kalitesini etkileyen tüm faaliyet ve süreçler sürekli iyileşmeyi sağlamak için ölçülmeli ve değerlendirilmelidir.

Sürekli iyileştirme, kalite yönetim sistemi ile performans yönetimi arasındaki etkileşimin en önemli boyutudur. Performans yönetimi sürekli iyileştirmeyi sağlamak amacıyla süreçleri izleme, ölçümler yapma, ölçüm sonuçlarını değerlendirme ve gerekli durumlarda düzenlemelere gitme faaliyetlerini kalite yönetim sistemi ile koordinasyon halinde yürütmektedir.

Performans yönetim sistemi, sürekli iyileştirmenin yanı sıra kalite yönetim sisteminin yeni vizyonu ile birlikte kurumsal başarı için ön plana çıkan şu üç yönetsel paradigmayı da destekleyici katkı sağlar: sistemin parçalarını değil, bütünü optimize ederek yönet; insan kaynağını yalnızca dışsal motivasyonla değil, içsel ve dışsal motivasyon arasında denge yaratarak yönet; rekabeti değil iş birliğini yaratarak yönet (Kuruözüm vd., 2004, s.228).

Sistemi bir bütün olarak ele alan performans yönetimi, belirli bir düzeydeki performans iyileştirmelerini diğer düzeylerdeki düşmeye tercih eden trade-off yerine, farklı düzeylerdeki performans sonuçları arasında uyum sağlayarak (De Toni ve Tonchia, 2001, s.47) sistem amaçlarını optimize etmeye çalışmaktadır.

Performans yönetim sisteminin işbirliği yaratma ve motivasyonu artırmada önemli bir işlevi vardır. Katılımcı bir yaklaşımla ele aldığı kontrol sürecini, hem denetleyen hem de denetlenenler tarafından performans planlanması ile birlikte başlayarak yapılan bir görev

olarak yürütmektedir. Yönlendirici ve özendirici niteliğe ağırlık vererek, programların hazırlanması ve performans standartlarının hesaplanmasında çalışanların katılımına önem vermektedir. Çalışanların değerlendirilmesine ilişkin bilgiler sürekli yapılan kontrollerle en kısa zamanda çalışanlara bildirilmekte ve güdüleyici bir etki yaratılmaktadır (Akal, 1998, s.62-63).

1.5.3. Performans Ölçümü

Neely vd. (1995, s.80), bir işletmenin ulaştığı performans düzeylerini, işletmenin gerçekleştirdiği faaliyetlerin etkenliğinin (effectiveness) ve etkinliğinin (efficiency) bir fonksiyonu olarak ele almış ve performans ölçümünü, faaliyetin etkinliğini ve etkenliğini ölçme süreci olarak tanımlamışlardır.

Ölçme, nesne ve olaylara bazı kurallara uygun olarak sayılar verme işlemidir. Ancak bu sayılar nesnelere bütün olarak değil, ağırlık, büyüklük, hız, derece, sıralamadaki yer gibi mutlak yada nispi olarak açıklanabilen özellikler bakımından temsil etmektedir. Ölçme işlemi ile bir faaliyetin sonucunu açıklanmada kullanılabilecek anlaşılabilir, anlatılabilir, objektif bir değere ulaşılmaktadır.

Ölçmenin önemini Çinli bir general verimlilik üzerine görüşlerini belirtirken şu şekilde ifade etmiştir: “Verimliliği geliştirmek için, yönetmelisin; etkili biçimde yönetmek için, kontrol etmelisin; devamlı kontrol etmek için, ölçmelisin; doğru biçimde ölçmek için, tanımlamalısın; kesin olarak tanımlayabilmek için, miktarını belirtmelisin.”

Performans ölçümünde de iki önemli unsur ön plana çıkmaktadır: hedeflerin belirlenmesi ve bu hedeflerle gerçek sonuçların karşılaştırılmasında kullanılacak araçların, diğer bir ifadeyle ölçütlerin tanımlanması. Hedeflerin belirlenmesi için aşağıda belirtilen dört yöntemden yararlanmak mümkündür (Ahmad vd., 2005, s.392):

- *Hedeflerin tarihsel verilere dayanması*: Performans hedeflerini geçmiş (tarihsel) ölçüm düzeylerine bağlı olarak belirlemek.
- *Dışsal kıyaslamalar (benchmarks)*: En iyi uygulamayı gerçekleştirmek ve performans karşılaştırması yapmak için dışarıdaki bir organizasyonun faaliyetlerine bakmak.

- *İçsel kıyaslamalar*: Bir organizasyon içerisinde karşılaştırılabilir fonksiyonel departmanlar, süreçler ve atölyelerde aynı yöntemle ölçümler yapmak ve kıyaslamak.
- *Teorik hedefler*: Analizlerle teorik olarak belirlenmiş en iyi performans değerini iyileştirme için hedef olarak kullanmak.

Performans ölçümünde ikinci önemli unsur belirlenmiş performans alanları ile ilgili kullanılabilir, anlaşılabilir ölçütlerin açıkça tanımlanmasıdır. Zira performans ölçümünden beklenen faydanın sağlanması, doğru alanlarda, doğru ölçütlerle ölçülmüş, doğru verilerin, doğru zamanda elde edilmesine bağlıdır.

Ölçüm sürecinde kullanılan performans ölçütleri, faaliyetlerin, süreç içerisinde veya süreç sonunda belirlenmiş bir hedefe ne oranda yaklaştığını gösteren, organizasyonun yaşamsal sinyalleridir (Amaratunga ve Baldry, 2002(b), s.329). Performans ölçütü, en yalın haliyle faaliyetin etkinliğini veya etkenliğini ölçmede kullanılan metrik olarak tanımlanmaktadır (Neely vd., 1995, s.80).

İşletmelerin performansını değerlendirmede kullanılacak ölçütlerin türü ve özellikleri, ölçüm sürecinin ana ilgi noktasını oluşturmuştur. Performans ölçümünde uzun yıllar finansal ölçütler hakim olmuş, 1980'lerin başlarından itibaren organizasyonların karmaşıklığının ve pazardaki rekabetin artmasıyla birlikte, başarı değerlemenin tek kriteri olarak söz konusu ölçütlerin kullanımının yeterli olmadığı görülmüştür (Kennerly ve Neely, 2002, s.1223).

Maliyet ve yönetim muhasebesi sistemlerinden geliştirilmiş olan ölçütler, strateji odaklı olmamaları, kısa dönemliliği teşvik etmeleri, organizasyonel optimizasyondan ziyade yerel optimizasyona yönelmeleri, sürekli gelişmeden ziyade maliyet değişimini minimize etmeye çalışmaları, dışsallığa odaklanmamaları gibi nedenlerden dolayı eleştirilmiştir (Wilcox ve Bourne, 2003, s.808).

Bu eleştiriler karşısında performans ölçümünde, finansal ve fiziksel ölçütler, içsel ve dışsal ölçütler ve işletmenin geçmişte elde ettiği performans kayıtlarının yanı sıra gelecekteki performansını da önceden tahmin edecek ölçütler kullanılmaya başlanmıştır (Bourne vd, 2000, s.756). Kabadayı (2002, s.67), geleneksel ve geleneksel olmayan olmak

üzere iki grup altında incelediği bu ölçütler arasındaki farklılıkları Tablo-1.1’de verildiği gibi özetlemiştir.

Tablo 1.1. Geleneksel ve geleneksel olmayan performans ölçütlerinin karşılaştırılması

Özellikler	Geleneksel performans ölçütleri	Geleneksel olmayan performans ölçütleri
Sistem yapısı	Muhasebe standartları	İşletme stratejisi
Ölçüt tipleri	Finansal	Operasyonel ve finansal
Denetleme	Orta ve tepe yöneticileri	Bütün herkes
Sıklık	Haftalık veya aylık	Saatlik veya günlük
Gerçekle olan bağ	Endirekt	Basit, uygun, direkt
Atölyeye uyum	Göz ardı edilmiş	Kullanılmış
Şekil	Sabit	Esnek, değişken
Yerel-genel uyum	Sabit, değişmeyen	Dinamik, duruma bağlı
Sabitlik	Sabit, değişmeyen	Dinamik, duruma bağlı
Amaç	İnceleme	İyileştirme
Yeni yaklaşımları destekleme	Uygulanması zor	Uygulanabilir
Sürekli iyileştirmedeki etki	Engelleyici	Destekleyici

Literatürde ölçütlerin özellikleri ve konuya yaklaşım açısına göre değişik şekillerde sınıflandırıldığı görülmektedir. Örneğin, nitel ve nicel performans ölçütleri (Chan vd., 2003), süreç ve çıktı ölçütleri (Kabadayı, 2002), finansal, teknik ve etkinlik ölçütleri (Ahmad ve Dhafir, 2002), toplu ve bireysel performans ölçütleri, performans boyutlarına ilişkin ölçütler (Akal, 1998) gibi.

Bu sınıflandırmalar içerisinde en yaygın ve bilinen sınıflandırma türü finansal ve fiziksel ölçüt ayırımıdır. Organizasyonun farklı düzeylerinde değişik ölçütlere ihtiyaç duyulması nedeniyle diğer bir önemli sınıflandırma türü de hiyerarşi düzeylerine göre yapılan sınıflandırmadır.

1.5.3.1. Finansal ve Fiziksel Ölçütler

Finansal ölçütler, finansal kayıt ve raporlardan elde edilen verileri kullanan ve sonuçları parasal olarak ifade eden ölçütlerdir. Çok eskiden beri kullanılan geleneksel ölçütlerin en önemli üstünlükleri, başarıyı tek bir birimle ifade etmeleri nedeniyle, karşılaştırma yapmada ve diğer ölçütlere entegre etmede sağladıkları kolaylıklardır.

Finansal ölçütlerin farklı formları olmakla birlikte, en yaygın olanları kar marjı (profit margins- satışların geri dönüşü olarak da bilinir), varlığın getirisi (return on assets) ve özsermaye verimliliğidir (return on equity). Bir organizasyonun satışlarına oranla ne kadar kazandığının ölçen kar marjı, gelecekte, maliyetlerde artış, fiyatlarda veya satışlarda azalış olması durumunda organizasyonun rekabete dayanabilme yeteneğini belirleyen ölçüttür. 1919'da Du Pont tarafından geliştirilen varlıkların getirisi, şirketin varlıklarını kullanma yeteneğini ölçmektedir. Özsermaye verimliliği ise yatırımcılara (hissedarlar vb) organizasyonda yapılanların ne derece iyi olduğunu gösteren bir ölçüttür (Tangen, 2003, s.349).

Endüstriyel ortamdaki gelişmeler sonucunda kalite, hız, esneklik, bulunabilirlik gibi yeni kriterlerin önem kazanması, bu amaçlara hizmet edecek yeni ölçütlerin kullanımını gerekli kılmıştır. Finansal ölçütler, dışsal raporlama (external reporting), maliyet ve finansal hesaplamalar için halen önemini korumakla birlikte, imalat ve dağıtım operasyonlarının günlük olarak kontrol edilmesinin gerekliliği fiziksel ölçütlerin kullanımını artırmıştır (Maskell, 1989, s.63).

Fiziksel ölçütler, daha çok teknik ve mühendislik içerikli olan ve birimleri itibariyle fiziksel temellere dayandırılmış ölçütlerden oluşmaktadır. Performansın tüm boyutları ile ölçülmesine olanak sağlayan bu ölçütler, çalışan, makine ve üretim performansını ölçme gibi çok geniş bir alanda kullanılabilirler.

Fiziksel ölçütlerin diğer bir üstünlüğü ise yapısal nitelikli olmalarıdır. Diğer bir ifadeyle organizasyonun yapısal özelliklerini yansıtmalarıdır. Yapısal ölçütler, yıldan yıla hızlı değişimlerin yaşanmadığı, özellikle uzun dönemde ortaya çıkan eğilimlerin etkisinde olan ölçütlerdir. Yapısal ölçütlerdeki değişimler genellikle, teknoloji, strateji veya politika değişikliklerinden kaynaklanmaktadır (Kuruüzüm, 2000, s.201).

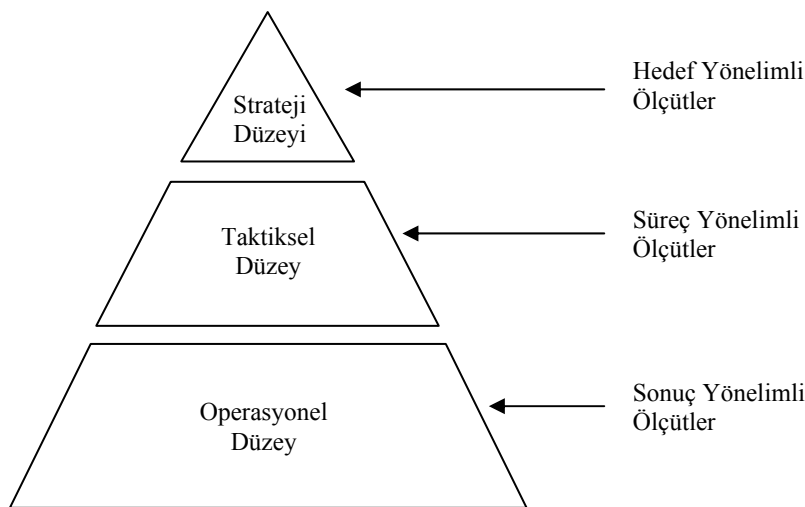
Tüm bu üstünlüklerine rağmen ayrıntılı ve doğru veri gereksinimi fiziksel ölçütlerin kullanımını sınırlamaktadır. Ayrıca yorumlanmalarında teknik bilgi gerektirmeleri ve organizasyonlara has teknik özellikler ve değişik veri toplama yöntemleri nedeniyle organizasyonlararası karşılaştırmaların zor olması bu ölçütlerin kullanımını sınırlayan diğer kısıtlardır (Akal, 1998, s.137). Fiziksel ve finansal ölçütler arasındaki temel farklılıklar Tablo-1.2'deki gibi özetlenebilir.

Tablo 1.2. Finansal ve fiziksel performans ölçütleri arasındaki farklılıklar

Finansal Ölçütler	Fiziksel Ölçütler
<ul style="list-style-type: none"> • Finansal birimlere dayalı • Tek bir birim • Kısa dönemli, geçici • Ölçütlerarası entegrasyon kolay • Nispeten teknik bilgi gerektirmez • Diğer organizasyonlarla karşılaştırma imkanı var 	<ul style="list-style-type: none"> • Fiziksel birimlere dayalı • Birden çok birim (kg, adet,...vb) • Uzun dönemli, yapısal nitelikli • Ölçütlerarası entegrasyon nispeten zor • Teknik bilgi gerektirir • Diğer organizasyonlarla karşılaştırma imkanı nispeten kısıtlı

1.5.3.2. Hiyerarşi Düzeylerine Göre Performans Ölçütleri

Organizasyon hiyerarşisi içerisinde karar vericiler, ilgi ve sorumluluk alanlarının değişkenlik göstermesi nedeniyle farklı performans ölçütlerini kullanabilmektedirler. Bu ölçütleri, strateji, taktik ve operasyonel düzeyler itibariyle hedef yönelimli, süreç yönelimli ve sonuç yönelimli olmak üzere üç ana grupta incelenmek mümkündür (Şekil-1.9).



Şekil 1.9. Performans ölçütlerinin hiyerarşik yapısı (Kaynak:Feurer ve Chaharbaghi, 1995, s.75'den adapte edilmiştir).

Tepe yönetiminin sorumluluğunda olan strateji düzeyinin temel ilgi noktası organizasyonun stratejisini gerçekleştirip gerçekleştirmediğini gösterir ölçütlerdir (Kutucuoğlu vd., 2001, s.177). Uzun ve orta dönemli hedef ve amaçların gerçekleşme oranlarını belirlemeye dönük olan bu ölçütler, yönetime, geçmişe ilişkin bir görünüm sunarak, geleceğe yönelik farklı stratejileri değerlendirebilme olanağı sağlamaktadırlar.

Hedef yönelimli ölçütleri, yıllık satış oranları, kar potansiyeli, pazar payı gelişimi, etkenlik, kalite, verimlilik, karlılık vb. şekilde örneklendirmek mümkündür.

Taktiksel planların uygulamaya geçirildiği orta düzeyde kullanılan ölçütler, geleneksel yaklaşımda fonksiyonel bir nitelik taşımaktadır. Bunun nedeni, orta düzey yöneticilerinin temelde bu amaçlardan sorumlu tutulmaları ve bu amaçlara yönelik, etkinlikler ve girdi kullanımları üzerinde doğrudan kontrol ve yönlendirme olanağına sahip olmalarıdır (Akal, 1998, s.145). Ancak, sürekli bir biçimde iyileştirme üzerine odaklanmış toplam kalite yönetimi, bu fonksiyonel yapıyı daraltıp, geçirmenleştirip tanımlanmış süreçlere hizmet veren bir dönüşüme uğratarak, bütünsel stratejilere ve hedeflere yoğunlaşmayı öngörmüştür. Belirli girdilerin tanımlanmış çıktılara dönüştürülmesi faaliyetlerinin dizgesel bütünlüğünü oluşturan süreçlere ilişkin ölçümler, denetlemeler, performans değerlemeleri ve iyileştirmeleri yapmak, gittikçe yaygınlaşan bir yaklaşım olmuştur (Kuruüzüm vd., 2003, s.209). Dolayısıyla bu düzeyde kullanılacak ölçütlerin, çevrim zamanı, kurma süresi gibi sürecin verimliliğini, etkenliğini ve yeterliliğini değerlendirilmeye imkan verecek ölçütlerden oluşması gerekmektedir.

Operasyonel düzey, taktiklerin eyleme geçirildiği düzeydir. Burada tamamen fiziksel verilere dayalı, sonuca yönelik ölçütler kullanılmaktadır. Ölçümler arasında geçen süre diğer düzeylere oranla daha kısadır (günlük ve saatlik gibi). Bu amaçla kullanılacak ölçütler arasında, üretim miktarları, işçilik ve makine saatleri, işgücü ve makine verimi gibi ölçütler sayılabilir.

Böyle bir hiyerarşik yapı içerisinde değişik düzeylerdeki performans ölçütlerinin, alanları, zamanlamaları, periyotları farklı olmasına rağmen, ölçütleri mantıksal bir form içerisinde birbirleriyle ilişkilendirmek ve tüm stratejik performans gösterebilecek ölçütleri tanımlamak önem kazanmaktadır (Feurer ve Chaharbaghi, 1995, s.74).

1.5.4. Performans Analizi

Performans ölçümünden elde edilen veriler üzerinden yapılan değerlendirmeler genellikle sığ kalmaktadır. Verilerden beklenen faydanın sağlanması performans için anlamlı işaretlere dönüştürülmelerine bağlıdır. Performans analizi, ham ölçüm verisini analitik teknikler ve modeller aracılığıyla işleyerek çözümler yapan performans yönetim sistemi bileşenidir. Bu bileşenin temel amacı, geçmiş dönem(ler) performansına

yada sektör ortalamasına göre organizasyonun veya organizasyondaki belirli bir fonksiyonun performansını iyileştirecek çözümler üretmektir.

Bu amacı gerçekleştirmeye dönük olarak farklı teknik ve modelleme yöntemlerinden yararlanılabilmektedir. Tablo-1.3'de, literatürde, performans analizinde yoğun olarak kullanılan teknik ve modellerden örnekler verilmiştir. Tabloda yer almayan başka tekniklerden de yararlanmak mümkündür. Örneğin, verileri benzerliklerine göre sınıflandırıp, gruplandırma, kümeleme (cluster) analizi; modellemede hedef programlama yaklaşımı gibi.

İstatistiksel proses kontrol teknikleri ve yeterlilik hesaplamaları, performanstaki gelişmeleri izleme (monitoring), değişim sinyallerini, potansiyel hataları ve uyumsuzlukları tespit ederek iyileştirilecek performans alanlarını belirleme konusunda performans analizi açısından kullanılabilir araçlar sunmaktadır.

Faktör analizi, kovaryans veya korelasyon matrisinden hareketle birbiriyle bağımlı çok sayıdaki somut değişkeni, bağımsız soyut değişkenlerden oluşan yeni bir değişken kümesi oluşturmaktadır. Performans analizinde bu teknik, performans boyutlarının veya ölçütlerinin sayısını azaltmada kullanılabilir (Chenhall, 1996).

Literatürdeki bir çok çalışma, performans analizini, nicel modeller geliştirerek gerçekleştirmektedir (Aries vd., 2002, s.102). Modeller, bileşenleri, amaçları, sınırlılıkları, etkileşimleri ile gerçek sorunlar sisteminin temsilcileridir. Model kurmadaki temel amaç, yalnızca gerçek sistemin tüm özelliklerini ifade etmek değil, aynı zamanda sistemin amaç veya amaçlar kümesine uygun, önemli bileşenlerini ve ilişkilerini belirlemektir.

Ekonometrik gelenek, çoğunlukla stokastik frontier analizini kullanarak, maliyet ve üretim fonksiyonlarını geliştirme üzerine odaklanmıştır. Burada kullanılan teknikler, ekonomik üretim modeline uygun olacak performans belirleyicileri modelini araştırmaktadır. Çok aşamalı (veya hiyerarşik) modellemenin hakim olduğu istatistik geleneğinde ise kullanılan teknikler, nedenler hiyerarşisi aracılığıyla sonuçlara ulaşmaya çalışmaktadır (Smith ve Goddard, 2002, s.251).

Tablo 1.3. Literatürde performans analizinde kullanılan teknik ve modellerden örnekler

Yazarlar	Çalışmada Kullanılan Teknik ve Modeller										
	SPC	PY	FA	AHP	DEA	SEM	DP	DOP	Fuz.	Reg.	Sim.
Jagadees ve Babu (1994)	√	√									
Chenhall (1996)			√							√	
Tong ve Chen (1998)		√									√
Berry ve Cooper (1999)										√	
Caporaletti vd. (1999)					√		√				
Lo ve Pushpakumara (1999)				√							
Martin vd. (1999)	√									√	√
Suwignjo vd. (2000)				√							
Bititci vd.(2001)				√							
MacCarthy ve Wasuri (2001)	√										√
Selen ve Ashayeri (2001)											√
Chan vd. (2002)									√		√
Corbett ve Pan (2002)	√	√									
Yurdakul (2002)				√							
Chan vd. (2003)									√		
Sarkis (2003)				√							
Chen ve Chen (2004)		√									
Triantis ve Otis (2004)					√						
Agus (2005)						√					
Ali ve Wadhwa (2005)											√
Meer vd. (2005)										√	
Silveria (2005)										√	
Pearn ve Wu (2006)	√	√									
Sandrock vd. (2006)	√							√			√

SPC:İstatistiksel Proses Kontrol – PY:Proses Yeterliliği – FA:Faktör Analizi - AHP:Analitik Hiyerarşi Prosesi
DEA:Veri Zarflama Analizi – SEM:Yapısal Denklem Modelleme – DP:Doğrusal Programlama
DOP: Doğrusal Olmayan Programlama – Fuz: Bulanık Küme – Reg: Regresyon – Sim:Simülasyon

Modelleme çalışmalarında kullanılan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yönteminde, karar vericilerin belirledikleri önem sırasına göre değişkenlerin nispi önem dereceleri hesaplanmaktadır. Bu dereceler, performans modelindeki değişkenlerin katsayılarını oluşturmaktadır. Böylece performans üzerindeki çok boyutlu faktör etkisi tek bir değişken üzerinde toplanabilmektedir (Suwignjo vd., 2000, s.238).

Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis-DEA), birden çok ve farklı ölçeklerle ölçülmüş veya farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karar birimleri arasında etkinlik karşılaştırması yapmayı zorlaştırdığı durumlarda, karar birimlerinin görelî performansını ölçmede kullanılan bir analiz tekniğidir (Cıngı ve Tarım, 2000). Özellikle girdi ve çıktı arasındaki ilişki ve dönüşümlere ait detaylandırılmış bilgilerin yetersizliği performans yönetiminde kısıtlayıcı bir faktör olmuştur. Muhtemelen yöneylem araştırmacıları, bu kısıttan dolayı DEA analiz tekniği üzerine yoğunlaşmışlardır. Ancak, modelin spesifikasyonlarının kullanıcının kararlarına bağlı olması, kolayca test edilememesi ve alternatif makul spesifikasyonlar önerildiğinde oldukça farklı sonuçlara ulaşılması, bu tekniğe getirilen temel eleştiri noktalarıdır (Smith ve Goddard, 2002, s.251).

Yapısal denklem modelleme (SEM), gözlenmiş ve doğrudan ölçülemeyen (latent) değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin belirlenmesi, tahmin edilmesi ve modellerin değerlendirilmesinde kullanılan bir tekniktir. SEM'in kullanılmasındaki temel amaç, uygun modeli bulmaktan çok, oluşturulmuş teorik modelin geçerli olup olmadığını belirlemektir (Shah ve Goldstein, 2006, s.149). Dolayısıyla performans analizinde SEM uygulayabilmek için öncelikle performansa etki eden değişkenlerden hareketle teorik modeli tasarlamak gerekmektedir. Nitekim Agus (2005), yapmış olduğu çalışmada ürün kalite performansı, işletme performansı ve toplam kalite yönetimi arasında oluşturduğu yapısal ilişkilerin katsayılarını SEM aracılığıyla belirlemiştir.

Bulanık (fuzzy) mantığı, belirsizliklerle çalışabilmek için oluşturulmuş matematik düzen olarak tanımlamak mümkündür. Karakteristikler klasik teoride yalnızca 0 ve 1 değerleri alabilirken, bulanık teoride 0 ile 1 aralığında herhangi bir değer alabilmektedir (Chan vd., 2002, s.239). Bu yaklaşımın merkez noktasını bulanık kümeler oluşturmaktadır. Eğer üyelik değeri 1 ise konu tam üyelik, 0 ise tam bir üye olamama, 0-1 aralığında ise kümenin bir üyesi olma durumu söz konusudur. Böylece bir bulanık küme, üyelik derecesi verilmiş çok sayıda elemandan oluşmaktadır (Kuruüzüm, 1998, s.125). Performans analizinde bulanık kümeler, bilginin (information) kesin olmadığı durumlarda kullanılabilir. Örneğin Chan vd. (2003), tedarik zinciri ağının performansını geliştirmek için önerdikleri modelde performans skorlarını hesaplarken bulanık kümelerden yararlanmışlardır. Chan vd. (2002), proses performanslarını analiz ederek geliştirme faaliyetlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada ise proseslerin performans ölçüt değerlerini tanımlamada bulanık mantığı kullanmışlardır.

Regresyon analizi, bağımlı bir Y değişkenini açıklamak için bağımsız X_1, X_2, \dots, X_n değişkenlerindeki bilgileri kullanma çabası olarak görülebilir (Newbold, 2000, s.505). Regresyon analizinin amacı, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi modellemektir. Performans analizinde regresyon denklemleri, bağımlı değişken olarak tanımlanmış performans ölçütü ile bağımsız değişken olarak tanımlanmış performans ölçüt/ölçütleri arasındaki ilişkinin yönünü ve kuvvetini belirlemek için kullanılabilir. Örneğin Berry ve Cooper (1999), proses endüstrisinde ürün çeşitliliğinin performans üzerindeki etkilerini ölçmek amacıyla regresyon analizinden yararlanmışlardır.

Performans analizinde muhtemelen en yoğun kullanılan yöntem simülasyondur. Simülasyon, gerçek sistemi temsil eden bir modelinin tasarlanması ve bu model üzerinde alternatif stratejilerin denenmesi ile sistemin davranışını belirlemeye çalışan bir metodolojidir. Özellikle, problemin tam bir matematik formülasyonunun bulunmadığı veya problemin çözümü için matematiksel yöntemlerin çok karmaşıklaştığı ve gerçek sistem üzerinde deney yapmanın ekonomik olmadığı durumlarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Simülasyon uygulaması sonucu elde edilen bilgiler ışığında sistemin tasarımı veya en uygun karar kuralının seçimi mümkün olabilmekte, yapısal değişiklikler karşısında sistemin tepkisi değerlendirilebilmektedir (Üreten, 1997, s.107).

Yukarıda bahsedilen nicel tekniklerin yanı sıra performans analizinde nitel tekniklerden de yararlanılabilmektedir. Nitel araştırmalarda, gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi nitel yöntemlerle toplanan veriler, betimsel analiz, içerik analizi ve nitel verinin nicelleştirilmesi gibi yöntemlerle (Yıldırım ve Şimşek, 1999) işlenerek performans analizinde kullanılabilir. Örneğin, Abernethy vd. (2005), bir eğitim hastanesinde çalışan uzmanlardan yarı yapılandırılmış mülakatla elde ettikleri nitel verileri, bilgisayar yardımıyla kodlama, etnografik analiz gibi yöntemlerle analiz ederek sistemin nedensel performans haritalarını (causal performance maps) oluşturmuşlardır.

2. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE PROSES ENDÜSTRİSİ

Çalışmanın uygulama alanını oluşturan proses imalata ilişkin tanımlamalar literatürde genellikle endüstri kavramı yaklaşımıyla yapılmaktadır. Bu bölümde öncelikle üretim ve imalat sistemlerinin tanım ve sınıflandırılmasına yer verilmiş, endüstriyel sistem kavramı ve üretim sistemleri ile ilişkisi değerlendirilmiştir. Daha sonra proses endüstrisinin yapısal özellikleri, tanım ve sınıflandırılması üzerinde durulmuş ve diğer imalat endüstrileri ile olan yapısal farklılıkları ortaya konmaya çalışılmıştır.

2.1. Üretim-İmalat Sistemlerinin Tanım ve Sınıflandırmaları

Ekonomistler üretimi fayda yaratmak olarak tanımlarken; mühendisler, fiziksel bir varlığın değerini artıracak değişiklikler yaparak, hammadde veya yarı mamulleri kullanılabilir bir ürüne dönüştürmeyi üretim olarak tanımlamaktadırlar (Kobu, 2003, s.3). Bu iki yaklaşım, üretim kavramına geniş ve dar bakış açılarını temsil etmektedir.

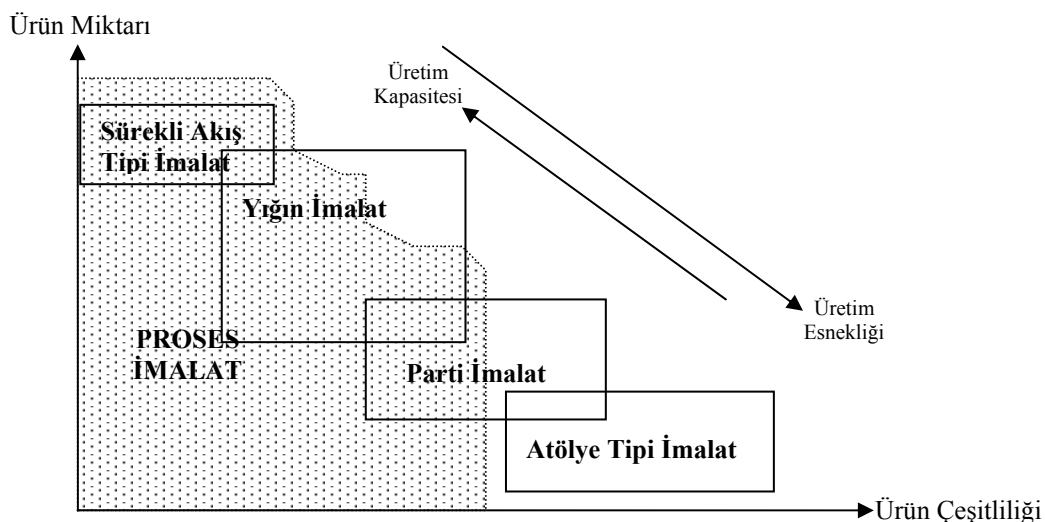
Üretim kavramı sistem yaklaşımı içerisinde değerlendirildiğinde, “nihai amacı insan ihtiyaçlarını karşılamak olan ve üretim faktörlerini bu amacı gerçekleyecek biçimde üretken kombinasyonlar halinde bütünleştirerek fiziksel ürünler veya hizmetler sunan, yaşayan, dinamik bir organize bütün” olarak ifade edilmektedir (Kuruüzüm, 1986, s.7). Üretim sistemleri, üretim yöntemi, mamul cinsi, mamul miktarı veya üretim akışı gibi kriterler bazında farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin, üretim yöntemine göre birincil, analitik, sentetik, fabrikasyon ve montaj üretim; üretim miktarı ve akışına göre ise parti üretim, sürekli üretim ve siparişe göre üretim vb.

İmalat sistemi ise üretim kavramına dar bakış açısıyla özdeş kabul edilmekte ve üretim sisteminin bir alt sistemi olarak ele alınmaktadır. Fiziksel girdileri, fiziksel çıktılara dönüştürme süreci olarak tanımlayabileceğimiz imalat alt sistemi bu çalışmanın ana ilgi noktasını oluşturmaktadır.

İmalat sistemleri de baz alınan kriterlere göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin ürün miktarı bazında imalat sistemlerini bazı araştırmacılar, proje imalatı, kesikli (intermittent) imalat ve sürekli (continuous) imalat olmak üzere üç grup altında, bazı araştırmacılar ise yinelemeli (repetitive) imalat ve atölye (job shop) tipi imalat olmak üzere iki grup altında incelemektedirler (Finch ve Cox, 1988, s.124).

İmalat esnasında girdiler üzerinde yaratılan fiziksel, konumsal veya yapısal (kimyasal) dönüşümler bazında ise imalat sistemlerini fabrikasyon, montaj ve proses imalat olmak üzere üç ana grup altında toplamak mümkündür. Fabrikasyon imalat, temel veya diğer hammaddelerden şekil verme yolu ile yeni ürünler elde edilmesidir. Döküm, tornalama, pres, kırma, kesme, parçalama vb. yöntemlerle hammaddelerin fiziksel şeklini değiştirerek ürün üreten sistemler bu gruba girmektedir. Montaj imalat, çeşitli hammadde, yarı mamul ve parçaların sistematik biçimde bir araya getirilmesi ile karmaşık bir mamulün üretilmesi olarak tanımlanmaktadır. Özellikle birleştirme fonksiyonu ile ilgili olan bu imalat türünde alıştıurma/uydurma, bağlama gibi işlemlerle imalat gerçekleştirilmektedir. Proses imalat ise alaşım, karışım, damıtma, fermantasyon, kaplama gibi işlemlerle kullanılan hammadde ve yarı mamullerin kimyasal karakteristikleri veya yapıları değiştirilerek farklı yada daha faydalı fonksiyona sahip ürünler üretilmektedir. Genellikle birincil (primer) hammaddeleri (demir, bakır, kömür gibi madenler, ham petrol, kil vb) kullanan bu imalat türünün diğer bir özelliği de kendi aralarında ayrılamayan “benzeri maddeleri” ve özel amaçlı araç-gereçleri kullanmasıdır (Kuruüzüm, 1986, s.14-16).

İmalat sistemlerinin sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan diğer bir sınıflandırma türü ise üretim hattının esnekliği, ürün çeşitliliği ve miktarı bazında yapılan sınıflandırmadır (Şekil-2.1).



Şekil 2.1. İmalat türlerinin sınıflandırılması

Atölye tipi imalatla tüketicilerin istekleri doğrultusunda tasarlanmış ürünler üretilmektedir. Ürün çeşitliliği fazla olan bu tür işletmelerde her bir üründen düşük

miktarlarda üretilir. Genel amaçlı üretim ekipmanının kullanıldığı atölye tipi imalatta, istihdam edilen işgücü birden fazla alanda çalışabilecek beceriye sahiptir.

Parti imalat, bir siparişi veya sürekli talebi karşılamak amacı ile benzer veya aynı cinsten ürünlerin belirli miktarlardan oluşan partiler halinde üretilmesidir. Partiler, bir defaya mahsus, belirli veya belirsiz aralıklarla üretilebilmektedir. Bir ürün partisi üretildikten sonra farklı ürün partisi üretimi için ekipmanlar üzerinde değişiklik yapılabilen veya ortak kaynakları kullanan birden fazla üretim hattı kurulabilmektedir. Konfeksiyon, gıda gibi ürünler parti tipi imalat grubunda yer almaktadır.

Yığın ve sürekli akış tipi imalat türleri sürekli imalatın iki alt grubudur. Sürekli imalatta mevcut makine ve tesisler belirli bir ürüne tahsis edilmekte ve düşük ürün çeşitliliği ile yüksek miktarlarda üretim gerçekleştirilmektedir. Ürünler genellikle stoğa yöneliktir. İmalatta tamamıyla otomatikleştirilmiş özel amaçlı üretim ekipmanları kullanılmaktadır.

Yığın imalatta bir ürünün büyük miktarlarda ve uzun sürelerde üretimi söz konusudur. Gerektiğinde makinelerin yerleşim düzeni, kalıplar vb. değişiklikler ile farklı ürünlerin üretimine geçmek olanaklıdır. Motorlu taşıt montaj hatları bu imalat türünün en güzel örneklerindedir. Sürekli akış tipi imalatta ise makine ve tesisler yalnızca bir ürünün üretilmesine dönük olarak tasarlanmış ve yerleştirilmiştir. Farklı bir ürünü üretmek çok masraflı veya olanaksızdır. İşlenen hammadde ve yarı mamuller doğal yapıları itibariyle kendiliğinden akarlar (Akal, 1998, s.14). Çimento, şeker ve petrokimya üretimi en önemli örnekleridir.

Jovan (2002, s.307), montaj ve proses imalatı, imalat işlemlerinin doğasını tanımlamada sıkça kullanılan iki terim olarak belirtmiş, fiziksel veya kimyasal reaksiyonları kullanarak üretim gerçekleştiren endüstrileri (kimya endüstrisi, petrol rafinerileri, kağıt endüstrisi gibi) proses endüstriler olarak adlandırmıştır. Proses endüstrisi sürekli akış tipi imalatı, bazı durumlarda da yığın ve parti imalatı; montaj endüstrisi (otomobil, yarı iletkenler, mobilya endüstrisi gibi) ise imalat ürününün özelliğine göre atölye, yığın ve parti imalatı kapsayabilmektedir.

2.2. Endüstriyel Sistem Kavramı

Literatürde endüstri kavramına ilişkin farklı tanımlamalara rastlamak mümkündür. Örneğin, Kobu (2003, s.38) endüstriyi, belirli tipteki bir üretim faaliyetine verilen kollektif isim olarak tanımlarken, Bettis (1998, s.357), ikame edilebilir nitelikte ürünler üreten iş birimlerinin veya firmaların oluşturduğu grubu endüstri olarak tanımlamaktadır. Nigtingale (1978, s.32) endüstriyi, benzer türden süreçlerin işlediği ve belirli malları üretebilmek için benzer deneyim ve bilgi altyapısına sahip işletmeler bütünü olarak ifade etmiştir. Bu tanımlarda fiziksel ürünler üreten işletmeler kastedilirken, Bethel vd. (1962, s.32), endüstriyel organizasyonu, ürün ve hizmetlerin etkin bir şekilde üretilmesi için insan kaynaklarının, fiziksel varlıkların, para ve zamanın koordine edilmesi şeklinde tanımlayarak, hizmet üreten işletmeleri de tanım kapsamına almışlardır. Ayrıca, endüstrinin genel ekonomik sistemin bir parçası olduğunu belirterek endüstriyel girişimi, somut ürünler üretmek için toprak, emek ve sermayenin değişik oranlarda bir araya getirilmesi olarak tanımlamışlardır (Bethel vd., 1962, s.10).

Modern bir ekonomide üretim ve tüketim yerleri arasındaki karşılıklı bağımlılığı inceleyen endüstriler arası iktisat (Chenery ve Clark, 1965, s.1), endüstriyel sistemdeki değişimin ekonominin geri kalan kısmı üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Dolayısıyla endüstriyel sistemi, ekonomik sistemin bir alt sistemi olarak ele almak ve çalışmanın kapsamı dahilinde, belirli ihtiyaçları karşılamak üzere, üretim kaynaklarını belirli oranlarda bir araya getirerek fiziksel çıktılar üreten sistemlerin, genel ekonomik sistem içerisinde fonksiyon ve süreç özellikleri itibarıyla oluşturdukları alt gruplar olarak tanımlamak mümkündür.

Endüstri grupları konuya bakış açısına göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin Bethel vd. (1962, s.10), ürünün kullanım alanına göre endüstrileri, üretim malları (producer-goods) ve tüketim malları (consumer-goods) üreten endüstrileri olmak üzere iki grup altında incelemiştir. Diğer fabrikalarda kullanılmak üzere imalat malzemesi, alet, makina ve ekipmanları üreten endüstriler üretim malları endüstrisi; insanların günlük yaşamında doğrudan kullanacakları ürünleri üreten endüstriler ise tüketim malları (consumer-goods) endüstrisi kapsamında değerlendirilmiştir. Nihai ürünün özelliklerine göre dayanıklı (durable), dayanıksız (nondurable) ve yarı dayanıklı (semidurable-goods) mallar üreten endüstriler; mamul cinsine göre demir-çelik, kömür, kimya, tekstil vb. endüstri ayırımları da yapılabilmektedir.

İmalat sürecinin özellikleri itibariyle endüstrileri, Birleşmiş Milletler Endüstriyel Gelişim Örgütü “ağır endüstriler” (heavy industries) ve “hafif endüstriler” (light industries); Jovan (2002, s.307) ise montaj ve proses endüstriler olmak üzere iki alt-gruba ayırmaktadır. Bu yaklaşım içerisinde çalışmaya uygun endüstri sınıflandırmasını fabrikasyon, montaj ve proses endüstrileri şeklinde yapmak mümkündür.

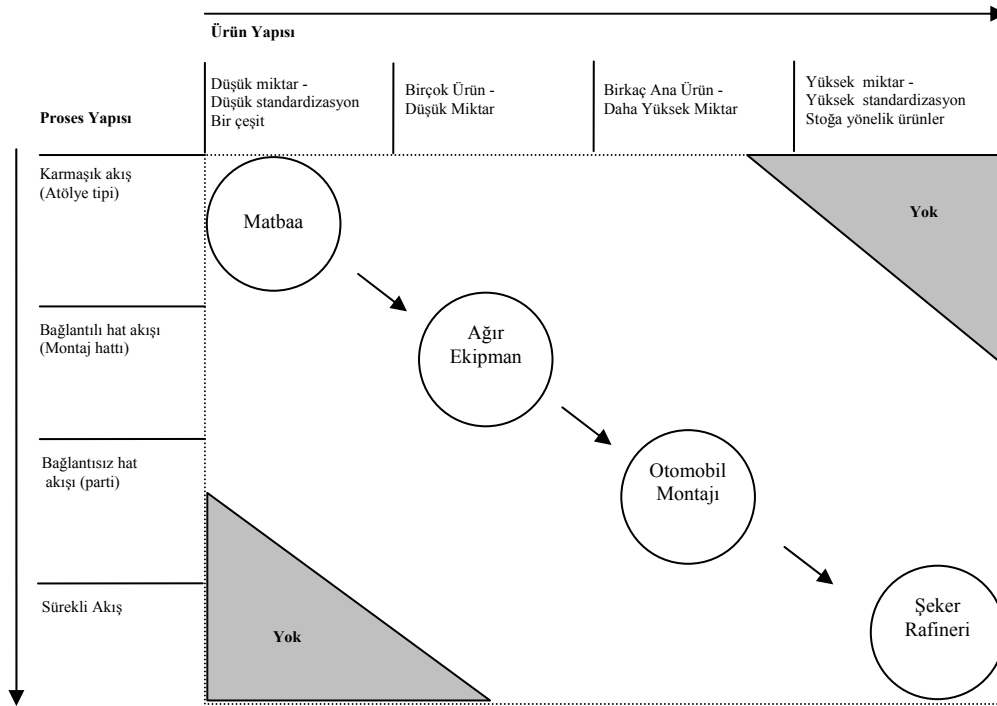
Fabrikasyon imalat türünün özelliklerini taşıyan fabrikasyon endüstrisi, ürün yapısı itibariyle, ağır endüstri veya hafif endüstri ürünlerinin özelliklerini taşıyabilmektedir. Ağır endüstrilerde daha çok metal kökenli parçaları içeren büyük, ağır ve taşınması zor ürünler üretilmektedir. Hafif endüstrilerde ise nihai birleştirmede tek veya çok parçadan oluşan, nispi olarak hafif ve kolay taşınabilir ürünler üretilmektedir (Kuruüzüm, 1986, s.20).

İmalat yapısı itibariyle montaj imalat türünün özelliklerini taşıyan montaj endüstrisinin en belirgin özelliği, nihai ürünlerin birden fazla bileşenden oluşmasıdır. Ürün çeşitliliği ve miktarı açısından genellikle atölye tipi, yığın veya parti imalatın geçerli olduğu bu endüstri türünde, siparişe veya stoğa yönelik ürünler üretilmektedir.

Proses endüstrisi ayrı bir başlık altında incelenecektir. Ancak burada bu endüstri grubunun özelliklerine kısaca değinmek gerekirse: proses imalat özelliklerini taşımakta, fiziksel veya kimyasal reaksiyonlardan yararlanılmakta, genellikle doğrudan stoğa yönelik ürünler üretilmekte ve yaygın olarak akış tipi imalat türü kullanılmaktadır.

2.3. Endüstri ve Üretim Sistemleri İlişkisi

Endüstri ve üretim sistemleri arasındaki ilişkiyi ürün/proses matrisi (product/process matrix) aracılığıyla inceleyen Hayes ve Wheelwright (1979, s.135), ürün ve proses yapılarını dikkate alan bir matris yapı içerisinde endüstrilerin pozisyonunu belirlemeye çalışmışlardır (Şekil-2.2). Matrisin ilk satırına, imalat esnekliği yüksek ancak maliyet etkinliğinin düşük olduğu atölye tipi proses yapısı yerleştirilmiştir. Aşağı doğru inildikçe esneklik azalmakta, standardizasyon, sermaye yoğunluğu ve etkinlik artmaktadır. Matrisin en son satırında sürekli akış tipi proses yapısı yer almaktadır. Matrisin sütunlarına ise ürün yapıları yerleştirilmiştir. Sütunlarda soldan sağa doğru gidildikçe stoğa yönelik standart ürünlerin üretildiği yapıya ulaşılmaktadır.



Şekil 2.2. Ürün-Proses matrisi

Samuel Taylor ve araştırma grubu, Hayes ve Wheelwright'in ürün/proses matrisini proses endüstrisinin farklı türlerini kategorize etmek için yeniden düzenlemişlerdir. Çalışmalarında, ürün farklılaştırmanın derecesi ve malzeme akış karmaşıklığı olmak üzere iki boyut kullanmışlardır. Ürün farklılaştırmanın derecesi, işletmenin pazarlama çevresini konu alırken, malzeme akış karmaşıklığı üretim süreçlerinin organize edilme yöntemlerini konu almıştır (Şekil-2.3). Taylor, bazı fabrikasyon endüstrilerinden akış tipine doğru gidildikçe bazı proses endüstrilerinin (özel (speciality) kimyasallar gibi) matrisin merkezinde yer alacağını, diğer endüstri türlerinin ise matris üzerinde dağılacığını ifade etmiştir (Fransoo ve Rutten, 1994, s.51).

	Doğrudan tüketime yönelik (custom)	Küçük miktarda farklılaşma	Yüksek miktarda farklılaşma	Doğrudan stoğa yönelik (commodity)
Atölye tipi	Uzay ve uçak end.(aerospace)			
Proses	Endüstriyel tezgahlar ve Makineler			
	İlaçlar			
	Özel kimyasallar			
	Elektrik ve elektronik			
	Otomobil			
	Lastik ve kauçuk			
	Çelik ürünleri			
	Temel (major) kimyasallar			
	Kağıt			
	Konteynır			
Akış tipi	Bira			
	Petrol			
	Çelik			
	Orman ürünleri			

Şekil 2.3. Taylor'ın endüstri sınıflandırması (Fransoo ve Rutten, 1994, s.51)

Şekil-2.3'den de görüleceği üzere ürünler, diyagonal bir biçimde dağılmakta ve akış tipi üretime yaklaştıkça stoğa yönelik bir nitelik kazanmaktadırlar. Sektörlerin ürünler ve üretim tiplerine ilişkin yönelimleri de bu matris üzerinde gösterilmektedir. Ancak üretim tipleri arasında geçilmez sınırlar yoktur. Keza değişen çalışma koşulları, stratejik planlar veya politikalar sonucunda bazı dönemlerde bazı firmalar, ürettikleri ürünün özelliklerinden dolayı kendine en yakın üretim tipine kayabilmekte, hatta birden fazla üretim tipi içerisinde bulunabilmektedirler (Kuruüzüm, 1986, s.22). Matris, imalat türleri açısından incelendiğinde proses imalatın, diğer imalat türlerinden (fabrikasyon ve montaj) bazı yapısal özellikler itibariyle farklılaştığı gözlenmektedir. Bu farklılıklar aşağıdaki başlık altında daha detaylı olarak incelenecektir.

2.4. Proses Endüstrisi ve Yapısal Özellikleri

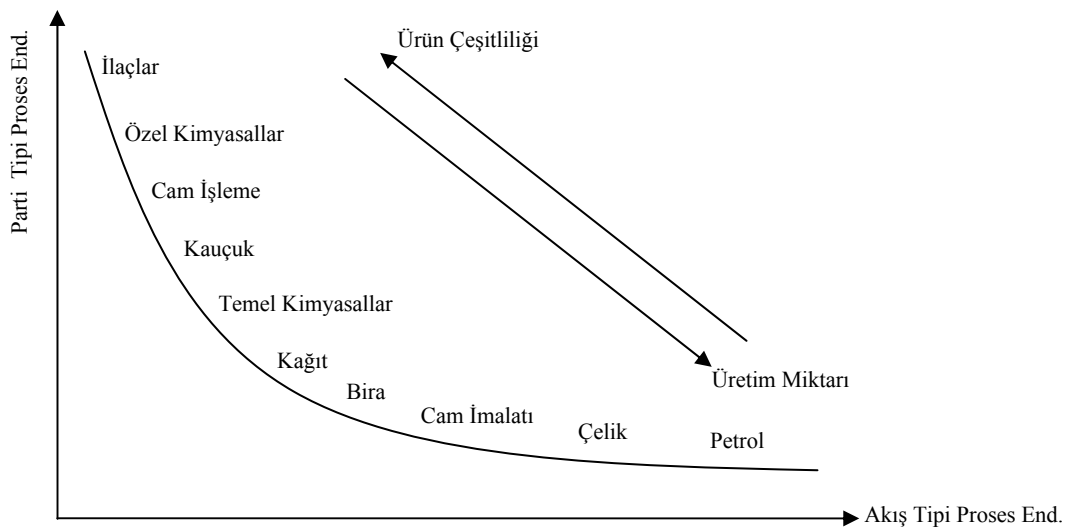
Artiba ve Riane (1998, s.209), proses endüstrisini üretim süreçlerinin en az birinde homojen ürünler üreten işletmelerin meydana getirdiğini ifade ederken, APICS (American Production and Inventory Society) proses endüstrisini, karıştırma, ayırıştırma, şekil verme veya kimyasal reaksiyon yolu ile materyallere değer ekleyen işletmeler olarak tanımlamıştır (Ashayeri vd., 1996, s.52).

Freork proses endüstrilerini, kullandıkları hammadde, üretim yapısı ve imalat süreci özelliklerine göre ağır-proses endüstrileri (heavy process industries) ve hafif proses endüstrileri (light process industries) olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Ağır proses endüstrilerinde büyük, ağır ve dolayısıyla taşınması zor ürünler imal edilmektedir. Genellikle daha kapalı bir sistem özelliği taşıyan hafif proses endüstrilerinde ise beceri ve tecrübeleri yüksek olan daha düşük miktardaki işgücüyle otomatik olarak kendini kontrol etmeye eğilimli imalat sistemleri kullanılmaktadır. Söz konusu endüstrilerde ürün fiyatları nispi olarak daha yüksektir (Kuruözüm, 1986, s.26).

Proses endüstrisinde dönüşüm sistemleri alanında muhtemelen ilk çalışmalardan birini gerçekleştiren Woodward (1965) ise boyutsal (dimensional) olarak adlandırdığı proses endüstrisini, kesikli (intermittent) ve sürekli (continuous) olmak üzere iki kategori altında incelemiştir (Dennis ve Meredith, 2000, s.1086).

APICS’de benzer bir yaklaşımla proses endüstrilerini kendi içerisinde parti (batch) proses endüstrileri ve akış (flow) tipi proses endüstrileri olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. Ürünlerini kısa üretim süreçleriyle programlayan proses işletmeleri, parti tipi proses endüstrileri; likitler, tozlar, gazlar gibi proses karakteristiği sergileyen ürünleri üreten veya herhangi bir üretim sürecinde süreçler arasında kesintileri minimumda tutan işletmeler ise akış tipi proses endüstrileri olarak tanımlanmıştır (Fransoo ve Rutten, 1994, s.52).

Taylor’ın endüstri sınıflandırmasını proses endüstrisi özelliğinde, proses endüstrisi türü, ürün değişkenliği ve üretim miktarı boyutlarını da kapsayacak şekilde Şekil-2.4’deki gibi yapmak mümkündür. Şekilde okların yönü artışı temsil etmektedir. Dolayısıyla parti tipi proses endüstrilerinden akış tipi proses endüstrilerine doğru yöneldikçe üretim miktarı artmakta, ürün değişkenliği ise azalmaktadır. (Parti ve akış tipi proses endüstrilerinin özellikleri ayrı bir başlık altında inceleneceğinden burada fazla detaya girilmemiştir.)



Şekil 2.4. Proses Endüstrisinin Sınıflandırılması

2.4.1. Proses Endüstrisi ile Diğer Endüstriler Arasındaki Yapısal Farklılıklar

Proses endüstrisi, üretim kontrol sisteminde yönetme ve yöneltme prensipleri olarak bilinen itme (push), çekme (pull) ve darboğaz (squeeze) yaklaşımları arasında itme sistemi yaklaşımının tipik temsilcisi olarak görülmektedir. İtme sistemi yaklaşımında merkezi bir planlamaya bağlı olarak ihtisas tezgahları aracılığıyla standart ürünlerin, yığın halde, üründe ölçek ekonomilerinden yararlanılarak minimum maliyetle stoğa yönelik üretimi söz konusudur. Bağımsız programlar aracılığıyla çok amaçlı tezgahlar (universal) kullanılarak değişik ürünlerin partiler halinde, kapasitede ölçek ekonomilerinden yararlanılarak tüketime yönelik olarak üretildiği çekme sistemi yaklaşımı ise daha çok fabrikasyon ve montaj endüstrileri için geçerlidir (Kuruüzüm, 1992, s.49). Konuya pazar bakış açısıyla yaklaşan bazı yazarlar, proses endüstrilerinde doğrudan stoğa yönelik üretimden siparişe yönelik üretime doğru bir geçiş olduğunu, dolayısıyla itme ve çekme prensiplerinin karışımından oluşan melez (hybrid) bir kontrol sisteminin uygulanması gerektiğini ifade etmektedirler (Crama vd., 2001, s.7). Bir anlamda darboğaz yaklaşımını işaret eden bu yazarlar, sistemin akışında kesilmelere ve dalgalanmalara yol açacak ekipmanların ve hammaddelerin belirlenip, bu kesilme ve dalgalanmaları engelleyici önlemler alınmasını önermektedirler.

Proses endüstrisi kullandığı makine ve ekipman itibarıyla sermaye yoğunluğunun yüksek olduğu bir endüstri türüdür. Makine ve ekipmanların fabrika içi yerleşimi akış tipi üretimin özelliğinden dolayı ürüne göre tasarlanmıştır. Üretim yüksek oranda

otomatikleştirilmiş, ekipmanlar ihtisaslaştırılmış ve üretimin gerektirdiği işlemler kurallara bağlanmıştır (Artiba ve Riane, 1998, s.209). Özel amaçlı üretim ekipmanlarının kullanımı imalat esnekliğini azaltmaktadır. Üretimin otomatikleştirilmesi ile sağlanan otomasyon ise kalifiye işgücü ihtiyacını artırırken işgücü yoğunluğunu düşürmektedir. Ayrıca proses endüstrilerinde sabit yatırımların yüksek olması nedeniyle yatırımın geri ödeme süresi nispeten uzundur.

Proses endüstrisinde, genellikle birincil hammaddeler işlenerek katma değeri yüksek ürünler üretilmektedir. Bu endüstri türünde, kullanılan hammaddelerin üretilen ürünler üzerinde önemli bir etkisi vardır. Hammadde kalitesinin değişmesi, nem, asit oranı, renk, viskozite veya karışım maddelerinin oranında değişikliğe neden olabilmekte ve nihai ürün kalite spesifikasyonlarını etkileyebilmektedir.

İmalat yapısının özelliğinden dolayı kullandığı hammaddelerin yapısal karakterlerini değiştiren proses endüstrisinin atıkları, genellikle insan ve çevre üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu etkilerden dolayı gerek fabrikanın kuruluş yerinin seçiminde gerekse atıkların depolanması ve imhası konularında çevresel kısıtlar proses endüstrisinde önemli bir faktördür.

Ürün çeşitliliğinin nispi olarak düşük olduğu proses endüstrisinde, üretilen ürünlerin birimleri genellikle litre, kilogram, metre gibi ağırlık ve boyut cinsinden ifade edilmektedir. Üretilen ürünler genellikle diğer endüstriler için hammadde veya yarı mamul niteliğindedir. Bu nedenle ürünler, pazarda diğer imalat endüstrilerinin ürünlerine göre daha az sayıda alıcı bulmaktadır. Ancak bu alıcıların talep ettikleri miktar, diğer endüstri türlerine oranla çok daha fazla olmaktadır. Ayrıca diğer endüstrilere girdi sağlama özelliği, bir anlamda proses endüstrilerinde entegre sistemler halinde dikey büyüme stratejilerinin uygulanmasını da kolaylaştırmaktadır.

Proses endüstrisi yukarıda bahsedilen yapısal özelliklerinin yanı sıra bazı fonksiyonel ve operasyonel özellikleri itibarıyla da diğer imalat endüstrilerinden farklılaşmaktadır.

Proses endüstrisinde imalat süreçleri ürüne odaklı bir rotayı takip etmektedir. Sistem içerisindeki hammadde ve yarı mamul iletim araçları özel amaçlı, sabit yörüngeli taşıyıcılardan oluşmaktadır. Nispeten daha kısa bir çevrim zamanına (cycle time) sahip olan proses endüstrisinin petrol, bira gibi bazı dallarında üretim hattı dengeleme

problemleri çok daha dar toleranslarla hesaplanmakta ve uygulanmaktadır (Kuruüzüm, 1986, s.27).

Proses endüstrisi, diğer endüstri türlerinin aksine hammaddeden önce kapasite yönelimli planlama ve programlamayı kullanmaktadır. Uzun dönemli planlama, genellikle kuruluş yeri seçimi ve gelecekte üretilecek ürünlerin ihtiyaç duyacağı kaynakları elde etmek için stratejik planlar geliştirilmesinden oluşmaktadır (Matta ve Miller, 2004, s.72). Orta dönemli planlamanın karakteristiği ise üretim planlama kararlarına yönelik olmasıdır. Proses endüstrisi üretim planlarında, ürün bileşiminin optimizasyonu, hedef emniyet stoklarının düzeyinin belirlenmesi, üretim ve bakım planlarının geliştirilmesi, bütünleşik üretim planlarının tasarımı, plandaki esneklik ve dinamiklik gibi konular yer almaktadır. Yaygın olarak kullanılan toplu üretim planlama ve bütünleşik üretim planlama teknikleri, kısa dönemli üretim planlarına baz teşkil etmekte ve kısa dönemli planlama ile üretimin ne zaman, nerede yapılacağı gibi detaylandırılmış özellikler belirlenmektedir (Kuruüzüm, 1986, s.30).

Proses endüstrisinde ulaşılabilir kapasite, fabrikaların kurulumundaki üretim kapasitesi ile sınırlıdır. Dolayısıyla fabrikaların etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir (Artiba ve Riane, 1998, s.209). Genellikle 24 saat 3 vardiya halinde çalışan proses endüstrilerinde kapasite artırımına gitmek ek tesislerin kurulmasını ve yeni makine ve ekipmanların alınmasını gerektirir. Bu süreç uzun ve maliyetli bir süreçtir. Diğer imalat endüstrilerinde ise fazla mesai veya taşeron kullanımı ile kapasite artırımına gitmek nispeten daha kolaydır.

Benzer şekilde, üretim sürecinde farklı bir ürünün üretilme hazırlıkları da (örneğin vanilyalı krema yerine, kakaolu krema üretimine geçilmesi gibi) diğer imalat endüstrilerine oranla maliyetlidir ve uzun zaman almaktadır. Nitekim ekipmanların kurulumunu, monte edilmesini, sökülmesini ve temizlenmesini kapsayan değiştirme (changeover) zamanı ve maliyetleri proses endüstrisinde her zaman önemli bir programlama faaliyeti olmuştur (Loos ve Allweyer, 1998, s.200).

Proses endüstrisinde hammadde ve ürünlerin genellikle akıcı ve kolay bozulabilir nitelikte olması stok yönetimi üzerinde belirli kısıtlamalar getirmektedir (Crama vd., 2001, s.3). Örneğin, hammadde, süreç içi stok ve nihai ürün stokları için ayrı bir alanların ayrılması gerekebilmektedir.

Proses endüstrisinin sermaye yoğun olması, yatırım kararlarının uygulamaya geçirildikten sonra değiştirilmesinin teknolojik ve ekonomik açıdan işletmeye büyük külfetler yüklemesi, etkin bir sermaye bütçelemesinin yapılmasını zorunlu kılmaktadır (Kuruüzüm, 1986, s.28).

Proses endüstrisinde maliyet kalemleri içerisinde en yüksek payı daha öncede belirtildiği gibi sabit maliyetler oluşturmaktadır. Dolayısıyla birim sabit maliyet/birim üretim maliyeti oranı bu endüstri türünde yüksektir. Kullanılan hammaddelerin birim maliyetleri, ürünlerin birim satış fiyatları ve buna bağlı olarak birim karlılık oranları diğer imalat endüstri türlerine oranla düşüktür. Nitekim proses endüstrisi ürünlerine olan talepte, fiyat ve dağıtım garantisini belirleyici bir rol oynarken, diğer imalat endüstrilerinde ürünün özellikleri ve dağıtım hızı nispeten daha belirleyici bir rol oynamaktadır. Ürünün özelliklerinden dolayı taşıma maliyetleri proses endüstrisinde nispeten daha yüksektir. Ayrıca satış sonrası destek hizmetleri, özellikle montaj endüstrisi olmak üzere diğer imalat endüstri türlerinde önemli bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır.

Yukarıda bahsedilen yapısal, fonksiyonel ve operasyonel özellikler ışığında proses endüstrisinin diğer imalat endüstrisi türleri (fabrikasyon ve montaj) ile olan farklılıklarını Tablo-2.1'deki gibi özetlemek mümkündür. Proses endüstrisi de kendi içerisinde alt gruplara ayrılabilen ve bu gruplar farklı özellikler taşıyabilmektedir. Nitekim bir sonraki alt başlıkta parti ve akış tipi proses endüstrisi ayırımı detaylarıyla incelenecektir. Burada yapılan karşılaştırmalar yapısal farklılıkları belirginleştirmek için uç noktalarda yer alan endüstriler bazında yapılmıştır.

Tablo 2.1. Proses endüstrisinin diğer imalat endüstri türlerinden farklılaşan özellikleri

Karşılaştırma Kriteri	Proses Endüstrisi	Diğer İmalat Endüstrileri
Yapısal Özellikler		
Üretim kontrol sistemi	İtme sistemi	Çekme sistemi
Katma değer	Yüksek	Nispeten Düşük
Üretim	Stoğa yönelik	Siparişe yönelik
Ürün çeşitliliği	Düşük	Yüksek
Ürün başına talep	Yüksek	Düşük
Birim değişken maliyet	Düşük	Yüksek
Esneklik	Düşük	Yüksek
Üretim ekipmanı	Özel amaçlı	Genel amaçlı
Üretim miktarı	Yüksek	Düşük
Sermaye yoğunluğu	Yüksek	Düşük
İşgücü yoğunluğu	Düşük	Yüksek
Ölçek ekonomilerinden yararlanma	Üründe ölçek ekonomileri	Kapasitede ölçek ekonomileri
Geri ödeme süresi	Uzun	Nispeten Kısa
Dikey büyüme stratejisi	Yatkın	Nispeten yatkın değil
Çevresel kısıtlar	Evet	Nadiren
Nihai ürünlerdeki (yield) değişkenlik	Bazen	Çoğunlukla düşük
Fonksiyonel ve Operasyonel Özellikler		
Uzun dönemli planlama	Kapasite	Ürün tasarımı
Rotalama	Sabit	Değişken
Sistem içi taşıyıcılar	Sabit yörüngeli	Serbest yörüngeli
Çevrim zamanı	Düşük	Yüksek
Çalışma devresi	Üç vardiya	Fazla mesai
Kapasite artırımı	Ek bina ve ekipman	Fazla mesai; Taşeron
Değiştirme (changeover) zamanı	Yüksek	Düşük
Sermaye bütçelemesi	Önemli	Nispeten önemi daha az
Birim başına karlılık	Düşük	Yüksek
Sipariş alma	Fiyat; Dağıtım garantisi	Ürün özellikleri; Dağıtım hızı
Birim Sabit Maliyet./Birim Üretim Maliyeti	Yüksek	Düşük
Taşıma maliyetleri	Yüksek	Düşük
Satış sonrası hizmet	Düşük	Genellikle yüksek

2.4.2. Parti ve Akış Tipi Proses Endüstrilerinin Farklılıkları

Proses endüstrisini kendi içerisinde genellikle parti ve akış tipi olmak üzere iki ana grup altında incelendiği önceki bölümlerde belirtilmişti. Burada bu iki alt grup arasındaki farklılıklar belirginleştirilmeye çalışılacaktır.

Akış tipi proses endüstrileri genellikle Tablo-2.1’de verilen proses endüstrisi özellikleri ile donanmıştır. İmalat süreçleri bir (veya birkaç) proses adımından oluşmakta ve parti tipi proses endüstrilerine göre düşük katma değerli ürünler üretilmektedir (Fransoo, 1992, s.187). Cam imalatı, çelik işleme, petrol vb endüstrilerin yer aldığı akış tipi proses endüstrilerinde imalat temin süreleri (lead time) genellikle, aynı ürünün ardışık olarak işlenmesi esnasında geçen süre olarak tanımlanan çevrim süresi (cycle time) ile belirlenmektedir. Üretim hızının yüksek olması nedeniyle birim başına işleme zamanı nispeten düşüktür. Farklı ürün sayısı sınırlı ve ürünler arasındaki değişkenlik nispeten çok azdır. Ürün çeşitliliğinin, karmaşıklığının ve üretim adım sayısının az olması nedeniyle tüm ürünler aynı rotayı izlemektedir. Bu özelliklerinden dolayı özel amaçlı üretim ekipmanları kullanılmakta ve bu durum ulaşılabilir kapasitenin belirlenmesini kolaylaştırmaktadır (Fransoo ve Rutten, 1994, s.52).

İlaçlar, özel kimyasallar, cam işleme vb endüstrileri kapsayan parti tipi proses endüstrileri, akış tipi proses endüstrisi ile diğer imalat endüstrileri arasında yer alan bir konuma sahiptir. Bu endüstri, kendi içerisinde tüm ürünlerin aynı rotayı izlediği çok ürünlü (multiproduct) ve ürünlerin farklı rotaları izlediği çok amaçlı (multipurpose) endüstriler olmak üzere iki gruba ayrılabilir (Raaymakers ve Weijters, 2003, s.14). Çalışmanın bu bölümünde, farklılıkları belirgin bir şekilde ortaya koyabilmek adına çok amaçlı parti proses endüstrilerine odaklanılmış ve akış tipi proses endüstrisi ile karşılaştırmalar bu bazda yapılmıştır.

Parti tipi proses endüstrilerinde ürün farklılaştırma nispeten fazladır ve bu ürünlerin üretimi farklı rotalarla gerçekleştirilmektedir. Bu farklılıklar proses adımlarının sayısına ve süresine de yansımaktadır. Dolayısıyla bazı proses adımlarından sonra ara stoklar artabilmektedir (Ivanescu vd., 2002, s.468). Ürün çeşitliliğinin ve karmaşıklığının artması nedeniyle genel amaçlı üretim ekipmanları tercih edilmektedir. Farklı ürünleri üretmek için proses konfigürasyonlarında uyarlamalar yapılması gerekmekte, dolayısıyla imalat temin süreleri uzamaktadır. İmalatın bu özeliğinden dolayı ulaşılabilir kapasiteyi tahmin etmek

zorlaşmakta ve bir partide üretilecek miktar, değişim zamanının yerine teknik parti büyüklüklerinin ihtiyaçlarına göre belirlenmektedir (Fransoo ve Rutten, 1994, s.53). Nispeten katma değeri yüksek ürünler üreten bu endüstri türünde, değişken maliyetler içerisinde hammaddelerin payı akış tipi proses endüstrilerine oranla daha düşüktür. Parti tipi proses endüstrisinde faaliyet gösteren işletmeler, pazar yapısı itibariyle, stoğa yönelik üretim stratejisi yerine, nispeten kar marjları yüksek tüketiciye yönelik niş pazarlara doğru yönelmişlerdir (Crama vd., 2001, s.6).

Bu bilgiler ışığında akış ve parti tipi proses endüstrilerinin farklılıklarını Tablo-2.2'deki gibi özetlemek mümkündür.

Tablo 2.2. Akış ve parti tipi proses endüstrilerinin farklılıkları

Karşılaştırma Kriteri	Akış Tipi Proses Endüstrileri	Parti Tipi Proses Endüstrileri
Üretim	Stoğa yönelik	Stoğa veya tüketime yönelik
Üretim/Proses adım sayısı	Az	Fazla
Üretim ekipmanları	Özel amaçlı	Özel amaçlı; genel amaçlı
Katma değer	Düşük	Yüksek
İmalat temin süresi (lead time)	Düşük	Yüksek
Üretim hızı	Yüksek	Düşük
Ürün çeşitliliği	Düşük	Yüksek
Ürün karmaşıklığı	Düşük	Yüksek
Rotalama	Sabit	Sabit; Değişken
Ara stoklar	Düşük	Yüksek
Ulaşılabilir kapasite	Açıkça belirlenmiş	Net olarak tanımlanmamış
Değiştirme (changeover) zamanlarının etkisi	Yüksek	Az
Değişken maliyetler içerisinde hammaddelerin payı	Yüksek	Düşük

3. İMALAT PERFORMANSI VE PROSES ENDÜSTRİSİNDE PROSES KONTROL

İmalat endüstrilerinde, performans yönetimin odaklandığı temel konu imalat performansının ölçülmesi ve iyileştirilmesidir. Bu bölümde öncelikle, imalat performansı kavramı, farklı boyutlarla ölçümü ve imalat endüstrilerinin yoğunlaştıkları ölçüm alanları incelenmiştir. Daha sonra performansın ölçülmesi ve izlenmesi açısından önemlilik arz eden proses kontrol ve yeterlilik kavramlarının tanımlarına ve proses kontrolün endüstriyel sistemler açısından farklılaşan özelliklerine yer verilmiş; proses endüstrisinde proses kontrolün yeri, özellikleri ve kullanılan kontrol teknikleri anlatılmıştır.

3.1. İmalat Performansı Kavramı ve Ölçümü

İmalat performansı, imalat sürecinin başarısını nitel veya nicel olarak belirleyen bir kavramdır. İmalat performansını ölçmekteki temel amaç, sürecin mevcut durumunu analiz ederek, geçmiş dönem veya sektör ortalamalarına göre kıyaslamalar yapmak ve iyileştirilebilir, geliştirilebilir alanları belirlemektir. İmalat endüstrilerinde, rekabetçiliğin, işletme varlığının ve gelişiminin sağlanabilmesi imalat performansı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle performans yönetimi, öncelikle imalat performansı üzerine odaklanmaktadır. Literatürde imalat performansını ölçmeye dönük olarak yapılan çalışmalar genellikle dört boyut üzerinde yoğunlaşmaktadır: esneklik, hız, maliyet ve kalite (Klassen ve Whybark, 1999, s.605; McKone vd., 2001, s.40).

İmalat esnekliği, imalat sisteminin, içsel ve dışsal çevredeki planlanmış veya önceden tahmin edilemeyen değişmelere, uygun bir hızda ve kabul edilebilir bir maliyetle cevap verme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Bylesjö, 2000). İmalat performansını esneklik açısından değerlendiren çalışmalar genellikle, ürün (çeşitlilik), miktar, makine ve rotalama esnekliklerinin performans üzerindeki etkilerini incelemektedirler (Berry ve Cooper, 1999; Chenhall, 1996; Lo ve Pushpakumara, 1999; Tsubone ve Horikawa, 1999).

İmalat performansı açısından hız, hammadde sipariş ve temin süreleri, imalat hazırlık süreleri, hammadde ve yarı mamullerin fabrika içerisinde aktarım süreleri, birim üretim zamanı, proses üretim zamanı, hat hızı, çevrim süresi gibi göstergeler itibarıyla belirli bir tempoya ulaşılmasını ifade etmektedir. Tüketici tatmininin ve rekabetçiliğin geliştirilmesinde önemli bir boyutu oluşturan hız, imalat performansını ölçen bir çok çalışmada, üretim hızı, dağıtım hızı, hat hızı, zaman gibi adlandırmalarla yoğun olarak

kullanılmaktadır (Laitinen, 2002; Barker, 1993; Lo ve Pushpakumara, 1999; Chan vd., 2002).

İmalat performansının finansal boyutunu genellikle maliyetler oluşturmaktadır. Hammadde, işgücü, enerji gibi maliyet kalemleri imalat performansı açısından önemlilik arz etmektedir. İmalat performansını maliyetler açısından ölçen ve değerlendiren çalışmalarda yaratılan katma değer önemli bir göstergesi oluşturmaktadır. Zira katma değer, karşılaştırılabilirlik açısından daha anlamlı sonuçlar vermektedir. İmalat operasyonlarının özelliğinden dolayı performansın finansal boyutunu ölçen çalışmalar, genellikle finansal ve fiziksel ölçütleri bir arada kullanmaktadır. Bununla birlikte, fiziksel ölçütlerle ölçülmüş performansı, parasal birimlere dönüştürerek karşılaştırmalar yapan çalışmalarda bulunmaktadır (Ahmad vd., 2005).

Kalite, imalat performansı ve rekabetçilik açısından önemli bir boyuttur. Bu nedenle imalat endüstrileri, uygun hız ve maliyetlerle kaliteli ürünler üretmeye odaklanmışlardır (Altıok, 1997, s.v). Kalite, spesifikasyonlara veya ihtiyaçlara uygunluktur. Kaliteyi, tasarım kalitesi, uygunluk kalitesi, süreç kalitesi, çıktı kalitesi, operasyonel kalite gibi farklı kategorilerde ele almak mümkündür (Kayde, 1999, s.27-28). Kalite boyutu içerisinde imalat performansını ölçen çalışmalar, genellikle bu kategoriler bazında imalat sürecinin başarısını ölçmeye ve iyileştirmeye odaklanmaktadır (Martinez vd., 1998; Chan vd. 2002; Tannock, 1995).

Bu temel boyutlar dahilinde veya dışında, imalat performansını ölçmede farklı performans ölçütlerinden de yararlanmak mümkündür. Örneğin, çıktı oranları veya birim zamanda üretim miktarları, işgücü verimliliği, enerji verimliliği, kapasite kullanım oranları, ortalama akış hızı vb gibi

İmalat endüstrilerinin yapısal özellikleri doğal olarak imalat performansını ölçmede kullanılacak yaklaşımları da belirlemektedir. Fabrikasyon ve montaj endüstrilerinde imalat performansını yukarıdaki dört boyut itibariyle ölçmek mümkün iken, proses endüstrisinde özellikle esneklik boyutunu ölçmek güçleşmektedir. Zira, bu endüstri türü, özel amaçlı üretim ekipmanları kullanarak düşük esneklikle üretim yapmaktadır. Literatürde de bu yönde yapılan çalışmaların sayısı azdır ve genellikle parti tipi proses endüstrilerini konu almışlardır (Berry ve Cooper, 1999; Upton, 1997).

Fabrikasyon ve montaj endüstrilerinde, nihai ürün kalitesini ara aşamalarda gerçekleştirilen tornalama, kesim, birleştirme, montaj gibi işlemler belirlemektedir. Bu aşamalarda kaliteyi etkileyecek hatalar belirlendiğinde yeniden işleyip düzeltme veya parçayı yenileme gibi alternatifler bulunabilmektedir. Bu endüstrilerde, imalat performansını ölçmeye dönük çalışmalar, işgücü verimliliği, makine verimliliği ve yeterliliği gibi ölçütleri kullanarak tezgah veya departman bazındaki performansı iyileştirmeye odaklanabilmektedir. Bunun yanı sıra, tüm fabrikanın imalat performansını ölçmek amacıyla bu ölçüm sonuçlarını uygun bir formda birleştirmek veya bir modelleme yaklaşımı geliştirmek mümkündür (Popplewell ve Bing, 1995).

Proses endüstrisinde ise ürüne doğru bir akış hattı içerisinde, hammadde ve yarı mamullerin kimyasal karakteristiklerinin veya yapılarının değiştirilmesi söz konusudur. Proses içerisindeki karakteristikler doğrudan nihai ürün kalitesini etkilemekte ve hatalı ürünleri yeniden işleme veya düzeltme olanağı nispeten daha az olmaktadır. Dolayısıyla, imalat performansını ölçmeye dönük çalışmalar, proses verimliliği ve yeterliliği gibi ölçütlerle prosesin tümüne odaklanmaktadır. Zira, performansın temel belirleyicisi imalat prosesindeki karakteristiklerdir. Belirli bir performans düzeyine ulaşabilmek, bu karakteristiklerdeki değişkenliği tanımlanmış sınırlar içerisinde tutmakla mümkündür. Bu nedenle, proses endüstrisinde genellikle rijit bir proses kontrol uygulanmaktadır.

3.2. Proses Kontrolü ve Proses Yeterliliği Kavramları

Proses kavramı, genel anlamda ardışık işlemler bütünüdür. Dar anlamda imalat prosesi kavramı ise malzeme, işgücü ve enerjinin oluşturduğu girdilerin, tesis ve donanım kolaylıkları aracılığıyla tabi tutulduğu işlemler bütünü ifade etmektedir (Taşkın, 1982, s.4).

Kontrol, belirlenmiş hedef, amaç ve standartlara ulaşmak için planlanmış faaliyetler döngüsü iken; yeterlilik (capability), bu hedef ve amaçlara ulaşmada sistemin yeteneğini belirleyen bir ölçüttür (Juran ve Gryna, 1979, s.4, 118). Kontrol ve yeterlilik, bir anlamda sistemden beklenen faydanın sağlanması için gerek ve yeter koşulları tanımlayan kavramlardır. Zira, kontrol altında olmayan bir proses için hesaplanan yeterlilik ölçütleri, teknik olarak doğru ve güvenilir sonuçlar üretmeyeceklerdir (Montgomery, 2001, s.336; Tong ve Chen, 1998, s.907).

Chase ve Aquilano'ya (1992, s.202) göre proses kontrolü, üretim aşamasında ürün veya hizmet kalitesinin izlenmesi ile ilgili bir konudur. Proses kontrol planlarının amacı ise prosesteki değişim sinyalleri aracılığıyla, üretim aşamasında olan (veya gelecekte üretilecek) parçaların tasarım spesifikasyonlarını karşılayıp karşılayamayacağı bilgisinin keşfedilmesidir. Başka bir tanımlamaya göre proses kontrolü, üretim sürecindeki hataları keşfetmek ve düzeltmek için istatistiksel örneklemin kullanılmasıdır (Dilworth, 1979, s.355). Dervitsiotis (1981, s.670) ise proses kontrolünü, bazı kritik ürün veya proses karakteristiklerinin yapısal değişim aralığındaki her bir anlamlı sapmayı belirlemek için tasarlanmış bir prosedür olarak tanımlamıştır.

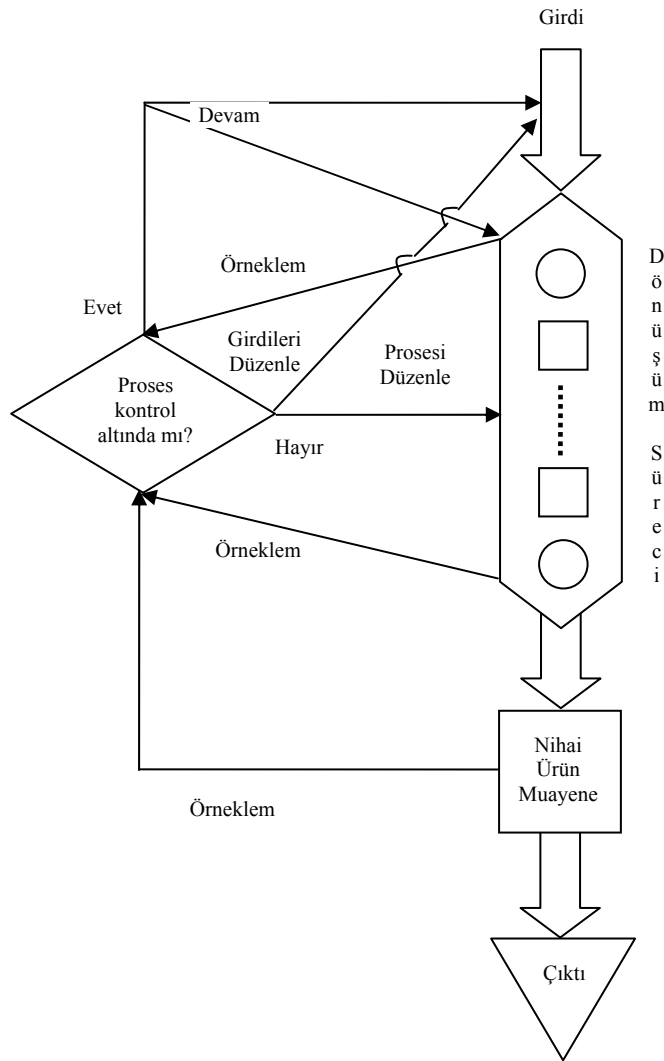
Dar anlamda imalat prosesi kapsamında çalışmanın amacına uygun proses kontrolü tanımını, “bir ürün veya prosese ait karakteristiklerdeki değişkenliği belirlenmiş amaç, hedef veya standartlara göre izin verilebilir sınırlar içinde tutmak amacıyla yürütülen kontrol ve düzeltme faaliyetlerinin oluşturduğu dinamik bir bütün” olarak yapmak mümkündür.

Ürün ve prosese ait karakteristikler, genel olarak, nihai ürün kalitesini belirleyen ürün özellikleri ve değişkenleri ile kaliteyi etkileyen proses içi özellikler ve değişkenlerden oluşmaktadır. Örneğin, uygulama bölümünde yer alan, kimyasal hata, boya hata aynanın kalite özellikleri ile ilgili ürün değişkenlerini, hava sıcaklığı, nem oranı ve gümüş debi miktarı ise kaliteyi etkileyen proses içi özellikler ile ilgili proses değişkenlerini oluşturmaktadır.

Değişkenlik, belirli bir referans noktası ile karşılaştırıldığında meydana gelen sapmaları tanımlamaktadır. Dervitsiotis (1981, s.668), değişkenliği tesadüfi ve tesadüfi olmayan olmak üzere iki grup altında incelemektedir. Tesadüfi değişkenlik, ürün veya proses karakteristiklerinin yapısında var olan değişkenlik olarak tanımlanmaktadır. İmalat prosesinin yapısal değişim aralığı ± 3 standart sapma ile ifade edilmektedir. Tesadüfi değişkenlik, istatistiki olarak normal bir dağılım gösterirken, tesadüfi olmayan değişkenlik, operator hataları, kusurlu hammaddeler, makine ve alet hataları gibi sebeplerden kaynaklanmakta ve imalatta normal dağılımdan sapan çıktıların oluşmasına neden olmaktadır (Groover, 2002, s.949). Dolayısıyla tesadüfi olmayan değişkenlik, nedeni belirlenebilir bir özelliğe sahiptir ve yönetimi, prosesi kontrol altına almak için düzeltici kararlar almaya zorlayan bir nitelik taşımaktadır.

Tanımda yer alan diğer unsurlar ise değişkenliği izin verilebilir sınırlar içerisinde tutmak ve kontrol ve düzeltici faaliyetleri yürütmektir. İzin verilebilir sınırlar, proses karakteristiklerinin değişkenlik sınırlarını belirleyen tolerans kavramıyla ifade edilmektedir. Kontrol ve düzeltici faaliyetler ise ürün ve proses karakteristiklerine ait verilerin izlenmesi, derlenmesi, analiz edilmesi, değerlendirilmesi ve gerekli durumlarda düzeltici eylemlerin gerçekleştirilmesi şeklinde sıralanabilir.

Böyle bir kapsama sahip proses kontrolünün çevrim yapısını Şekil-3.1'deki gibi şematize etmek mümkündür. Dönüşüm süreci ve nihai ürün aşamalarındaki kontrollerden sağlanan geribildirimlerin analiz ve değerlendirilmesi ile prosesin kontrol altında olup olmadığı bilgisine ulaşılmaktadır. Eğer bir uygunsuzluk tespit edilmiş ise uygunsuzluğun kaynağına göre proste veya girdide düzenlemeler yapılarak proses kontrol altında alınmaya çalışılmaktadır.



Şekil 3.1. Proses kontrolünün işleyiş yapısı (Dilworth, 1979, s.356'dan adapte edilmiştir)

Kontrol altındaki bir prosesin aynı zamanda tutarlı ve istikrarlı bir işleyişe sahip olduğunu söylemek her zaman doğru bir yaklaşım olmayabilir. Bu, özellikle proses değerleri arasındaki değişkenliğin (varyansın) büyük olduğu durumlar için geçerlidir. Dolayısıyla proses değerlerinin birbirine benzerliliğini diğer bir ifadeyle prosesin tutarlılığını ve istikrarlılığını değerlendirmek gerekmektedir. Uygulamada bu değerlendirme proses yeterlilik (process capability) analizleriyle gerçekleştirilmektedir.

Proses yeterliliği, prosesin bir ürünü belirtilen spesifikasyonlara göre üretebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Proses yeterlilik analizlerinin amacı ise proses ortalaması ve standart sapmasını, spesifikasyonlarla ilişkilendirerek prosesin isteklere uygun ürün oluşturma yeteneğini değerlendirmektir (Özveri, 2001, s.44). Yeterliliği değerlendirme aşamasında sayısal ölçüt olarak proses yeterlilik indekslerinden yararlanılmaktadır. Bu indeksler içerisinde en yaygın olanları C_p , C_{pk} , C_{pm} ve C_{pmk} 'dir.

Prosesin potansiyel yeterliliği olarak adlandırılan C_p , spesifikasyon toleranslarına göre tüm prosesin değişkenliğini ölçmektedir. C_{pk} , proses performans indeksidir ve performansı değerlendirirken proses değişkenliğinin yanı sıra proses ortalamasının spesifikasyon toleranslarına yakınlığını da dikkate almaktadır. Diğer iki indekse göre prosesdeki sapmalara çok daha duyarlı olan C_{pm} ve C_{pmk} indeksleri ise proses ortalamasının hedef değere yakınlığını dikkate almaktadırlar (Pearn vd., 2001, s.16). Aşağıda formülasyonları verilen indekslerin minimum kabul sınırı 1 ve üzeri değerlerdir.

$$C_p = \frac{\bar{ÜKL} - AKL}{6\sigma}$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{\bar{ÜKL} - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - AKL}{3\sigma} \right\}$$

$$C_{pm} = \frac{\bar{ÜKL} - AKL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

$$C_{pmk} = \min \left\{ \frac{\bar{ÜKL} - \mu}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}, \frac{\mu - AKL}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \right\}$$

Burada $\bar{ÜKL}$ ve AKL sırasıyla üst ve alt kontrol limitlerini, σ standart sapmayı, μ ortalamayı, T ise hedef değeri ifade etmektedir.

Bu formüller, verilerin normal dağılması durumunda güvenilir sonuçlar üretmektedirler. Literatürde, normal dağılmayan veriler için geliştirilmiş, Clements yöntemi (Pearn vd., 1999), Chen ve Pearn (1997) yöntemi gibi farklı metodoloji ve formülasyonlara rastlamak mümkündür. Clements, verilerin çarpıklık ve basıklık değerlerinden hareketle yeterlilik formüllerini yeniden düzenlemiştir. Chen ve Pearn ise formülleri düzenlemede yüzdeler dilimleri kullanmışlardır. (Bu yönteme ilişkin detaylar çalışmanın uygulama bölümünde yer almaktadır).

Proses yeterlilik analizlerinden elde edilen verilerin temel kullanım alanlarını, prosesin toleransları karşılayıp karşılamayacağını tahmin etme, imalat prosesindeki değişkenliği azaltma, bir prosesin seçiminde veya düzeltilmesinde tasarımcıya yardımcı olma, yeni alınacak ekipmanın performans gerekliliklerini belirleme, satıcılar arasında seçim yapma vb şekilde özetlemek mümkündür (Montgomery, 2001, s.351).

3.3. Endüstriyel Sistemlerde Proses Kontrol

Geleneksel kontrol yöntemlerinde, ürünün spesifikasyonları karşılayıp karşılamadığının kontrolü üretim aşamasından sonra gerçekleştirilmektedir. Ürün spesifikasyonları karşılamıyorsa yeniden işlenip düzeltilmekte veya fire olarak ayrılmaktadır (Motorcu ve Güllü, 2006, s.364). Proses kontrolünde ise durum tamamen farklıdır. İmalatın her aşamasında ürün ve prosese ait karakteristikler kontrol edilmekte ve gerekli durumlarda prosese müdahale edilerek değişkenlik kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır.

Proses kontrolünün kapsamı imalat endüstrisinin özelliğine göre farklılık gösterebilmektedir. Fabrikasyon ve montaj endüstrilerinde, bir tezgah veya departmanın çıktılarının bir sonraki tezgah veya departmanın girdilerini oluşturduğu bir imalat yapısı hakimdir. Proses endüstrilerinde ise girdiden nihai ürüne doğru uzanan kesintisiz bir imalat yapısı söz konusudur. Dolayısıyla proses kontrolleri, fabrikasyon ve montaj endüstrilerinde tezgah veya departman bazında, proses endüstrilerinde ise imalat süreci bazında gerçekleştirilmektedir.

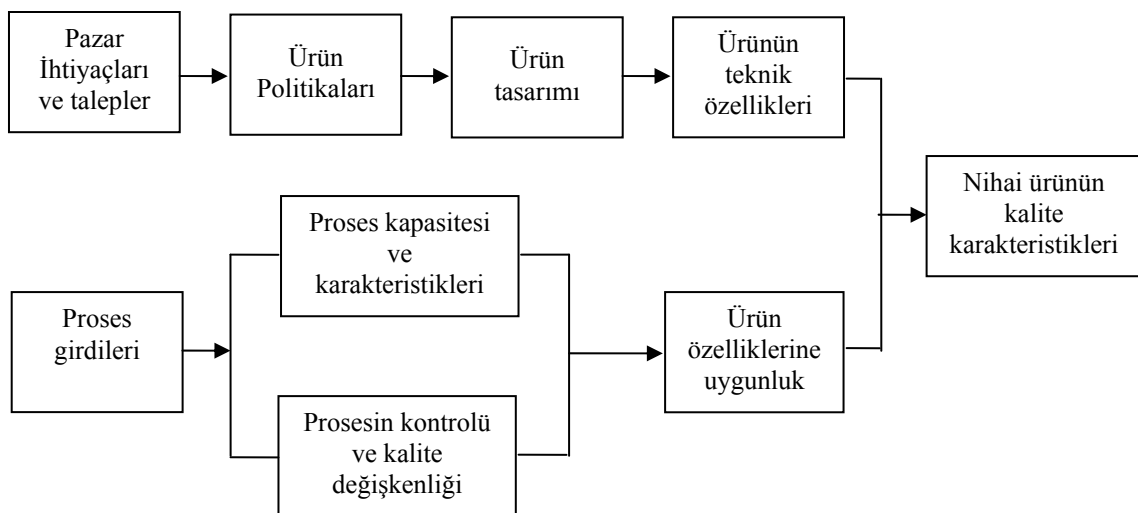
Toleransların belirlenmesi konusunda karşılaşılan güçlükler, imalat endüstrileri arasında proses kontrol yöntemlerinin farklılaşmasına neden olabilmektedir. Özellikle montaj endüstrilerinde, mamulün çalışması ve fonksiyonları ile ilgili konularda ayrıntılı toleransların saptanması güçleşmektedir. Örneğin bir jet motorundan istenilen

performansın sağlanabilmesi, yüzlerce parçanın toleranslarının ayrı ayrı saptanması ve kontrol edilmesine bağlıdır. Ancak bazı hallerde parçaların ölçülerindeki sapmalar nispeten ikinci planda kalmakta ve mamulün montaj koşulu veya performansı, temel kriter olarak kabul edilmektedir (Kobu, 1981, s.182). Bu gibi durumlarda, montaj koşulu veya fonksiyonel karakteristiğin ölçümü üzerinde yoğunlaşan proses kontrol yöntemleri geliştirilip, uygulanabilmektedir.

Proses kontrolü konusunda imalat endüstrileri arasındaki diğer bir farklılık ise hata kaynakları bazındadır. Proseste, makro hataların kaynağını oluşturan simetri, paralellik, açısal deplasman, aksel sapma, yuvarlaklık gibi geometrik ölçülerdeki değişkenlik fabrikasyon ve montaj endüstrilerinde daha çok ortaya çıkmaktadır. Buna karşılık malzeme yapısı, esneme, genleşme, tezgah titreşimi, hammaddelerin işlendiği ortamdaki hava sıcaklığı ve nem gibi etkenlerden kaynaklanan karakteristiklerin kontrolü duyarlı imalatta ve proses endüstrilerinde nispi olarak daha önemli bir rol oynamaktadır (Kuruüzüm, 1986, s.36-37).

3.4. Proses Endüstrisinde Proses Kontrol

Proses endüstrisinin tanımları genellikle üç anahtar özelliğe odaklanmaktadır: (1) Akış tipi veya parti tipi proses, (2) yüksek sermaye yatırımı ve (2) rijit proses kontrol (Ketokivi ve Jokinen, 2006, s.254). Proses kontrolün taşıdığı önem imalat sistemi içerisindeki yerinin de yapısal olarak belirlenmesini gerektirmektedir (Şekil-3.2).



Şekil 3.2. İmalat sisteminde proses kontrolünün yeri (Kaynak: Kuruüzüm, 1986, s.39)

Nihai ürün kalite karakteristiklerini, boyut, ağırlık, hacim, dayanıklılık, güvenilirlik, hammadde, kimyasal bileşim gibi ürünün kalitesini oluşturan özellik veya değişkenler tanımlamaktadır. Tannock (1995, s.76), kalite karakteristiklerini nitelik (attribute) ve değişken (variable) karakteristikler olmak üzere ikiye ayırmış; nitelik karakteristiklerini, ürünün tasarım spesifikasyonlarına veya tüketici ihtiyaçlarına uygunluğunu belirleyen, değişken karakteristiklerini ise belirlenmiş sınırlar içerisinde farklı değerler alabilen karakteristikler olarak tanımlamıştır.

Genel olarak nihai ürün karakteristiklerini tasarım ve uygunluk kalitesine ilişkin karakteristikler olmak üzere iki ana grupta ele almak mümkündür (Gözlü, 1990, s.3). Bir ürünün tasarım kalitesini, fiziksel yapısı ve fonksiyonel özellikleri belirlemektedir. İki ürünün aynı fonksiyonu gören kalite özellikleri arasındaki fark, ürünlerin tasarım kaliteleri arasındaki farkı göstermektedir. Uygunluk kalitesi ise imalat esnasında tasarım kalitesi özelliklerine uyulma derecesidir (Kobu, 1981, s.21-22).

Proses içi özellik ve değişkenlerin oluşturduğu proses karakteristikleri, nihai ürün kalite karakteristiklerini belirleyen bir niteliğe sahiptir. Proses içi özellikler, prosesdeki kusurlu parça sayısı veya oranı, prosesin akış özellikleri ve fire oranları şekilde örneklendirilebilir. Proses değişkenleri ise operatör, hammadde, malzeme, ekipman, sıcaklık, nem oranı gibi karakteristiklerdir. Bu karakteristikler aynı zamanda değişkenliğin temel kaynaklarını oluşturmaktadır. Proses kontrol ve yeterlilik çalışmalarının, proses içerisinde değişkenlik kaynaklarının tespit edilmesinde, değişkenliğin dağılımının, yönünün, aralığının ve sistematik olup olmadığının belirlenmesinde, düzeltici faaliyetlerin etkinliğinin artırılmasında önemli bir yeri vardır. Aynı zamanda proses performansını değerlendirmeye dönük yapılan bu çalışmalar, farklı teknik ve yöntemler aracılığıyla gerçekleştirilebilmektedir. Bu teknik ve yöntemlere ilişkin genel bir değerlendirme aşağıdaki başlık altında sunulmuştur.

3.5. Proses Endüstrisinde Kullanılan Proses Kontrol Teknikleri

Proses kontrol teknikleri, fonksiyonel olarak ürünün uygunluk kalitesine ilişkin karakteristiklerine uygulanmaktadır. Buradaki temel amaç imalat aşamasında ürünün tasarım özelliklerine uygunluğunu performans kriterleri bazında sağlamaktır. Bu teknikler, genel olarak, matematik, yöneylem araştırması, istatistik, bilgisayarlı kontrol, tecrübeye

dayalı teknikleri değişik kombinasyonlar halinde ve konuya bakış açısına göre farklılaşan yapıda kullanan geniş bir kümeden oluşmaktadır (Kuruüzüm, 1986, s.38).

Juran ve Gyra (1979, s.472), söz konusu teknikleri sınıflandırırken, imalata hakim olan baskın karakteristikleri baz alarak, proses kontrol tekniklerini dört ana grup altında toplamışlardır (Tablo-3.1):

1. *Hazırlık (setup) baskınlığı*: Bu teknikler, imalata başlamadan önce tezgah ve araçları hazırlama ve iş başlatma koşullarının baskın olduğu delme, kesme, döküm ve basma gibi proseslerle ilgilidir. Kalite karakteristikleri bu tür durumlarda makinanın ilk hazırlık aşamasındaki değişkenliğe bağlıdır.
2. *Makina baskınlığı*: Makinaların kurulumu doğru bir şekilde gerçekleştirilse bile zaman içerisinde prosesteki değişimler hatalı imalata neden olabilmektedir. Böyle bir durumda, periyodik kontrolü ve yeniden ayarlamaları gerektiren parçaların imalatı esnasında prosesin değişkenliğini yansıtacak teknikler kullanılmaktadır. Paketleme, vidalama, otomatik kesme gibi işlemler makine baskınlığının geçerli olduğu proseslere örnek olarak verilebilir.
3. *Operatör baskınlığı*: Elle kaynak, perçinleme, püskürtmeli boyama gibi tamamen mekanize olmamış ve operatörün beceri ve dikkatine bağlı proseslerde kullanılan tekniklerdir.
4. *Bileşenlerin (component) baskınlığı*: Saat, otomobil, plastik, elektronik ve diğer mekanik montajlar gibi girdi malzemelerinin veya bileşenlerinin nihai ürün kalitesini etkilediği proseslerde kullanılan tekniklerdir.

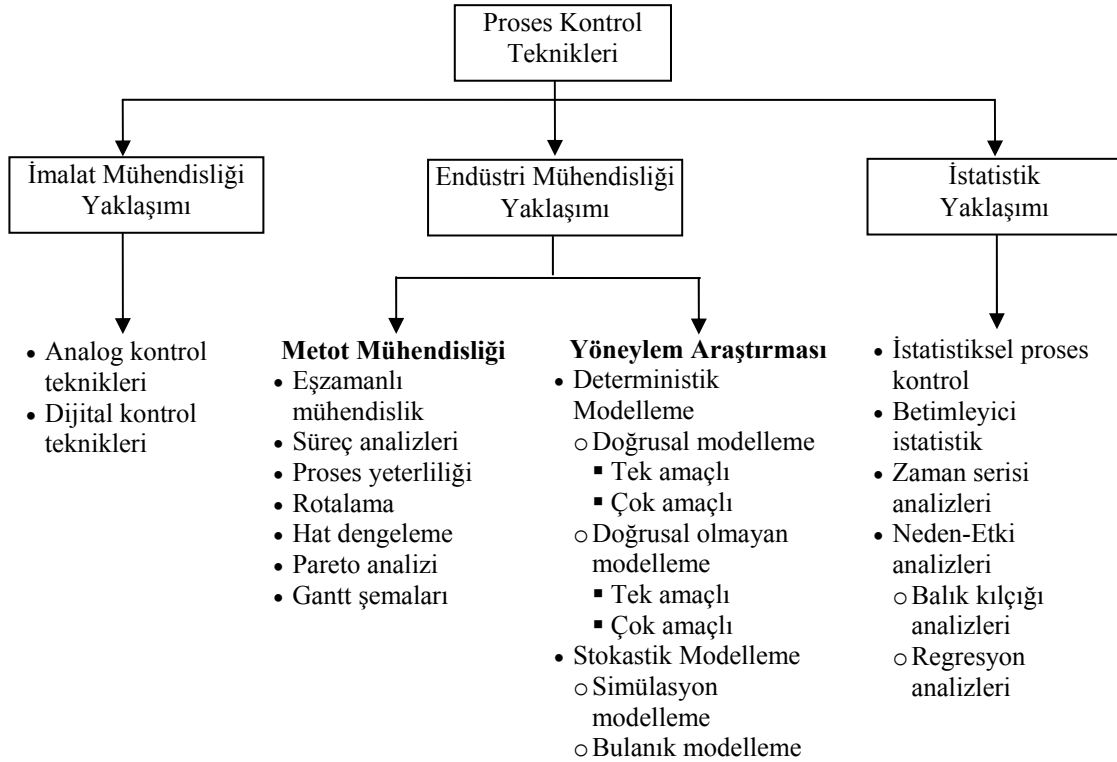
Tablo 3.1. İmalat prosesindeki tipik kontrol teknikleri

Hazırlık baskınlığı	Makine baskınlığı	Operatör baskınlığı	Bileşen baskınlığı
İlk-parça muayenesi	Periyodik muayene	Kabul muayenesi	Satıcı değerlendirme
Parça planı	X grafikleri	p grafikleri	Gelen malzeme muayenesi
Ön kontrol	Medyan grafikleri	c grafikleri	Öncelikli işlem kontrol
Dar-limit toleransı	\bar{X} ve R grafikleri	Operatör puanlaması	Kabul muayenesi
Özelliklerin görünüm muayenesi	Ön kontrol		
	Dar-limit toleransı		
	p grafikleri		
	Proses değişkenleri kontrolü		
	Otomatik kayıtlama		

Kaynak: Juran ve Gyra, 1979, s.473.

Juran ve Gyra'nın yaptığı sınıflandırma istatistik ve tecrübeye dayalı teknikler dışında kalanları ihmal etmektedir. İmalat mühendisliği, endüstri mühendisliği ve istatistik yaklaşımları ana grupları bazında diğer teknikleri de içerisine alan genel bir sınıflandırma Şekil-3.3'deki gibi yapılabilir. Sınıflandırmada yer alan teknikleri konuya bakış açısına göre farklı ana gruplar altına yerleştirmek mümkündür. Dolayısıyla gruplar arasında rijit sınırlar bulunmamaktadır.

İmalat mühendisliği, prosesin kontrol edilmesinde ve performansının değerlendirilmesinde ağırlıklı olarak matematik yaklaşımını benimsemektedir. Geleneksel yaklaşımda yoğun olarak kullanılan analog kontrol teknikleri, yerini teknolojiye paralel olarak dijital kontrol tekniklerine bırakmıştır. Dijital kontrol tekniklerinin kullanımı esnekliği artırmış ve farklı algoritmik formların kullanımını desteklemiştir (Bristol, 1999, s.2.57). Dijital kontrol algoritmaları, büyüklük ve zaman olarak kesikli değerler alan girdi sinyallerinin örneklerini kullanmaktadır. Sürekli olarak ve sabit oranlarda yapılan bu örneklendirmelerin kontrolü ile gecikmeler veya oyalanmaların performans üzerindeki olumsuz etkileri belirlenmeye çalışılmaktadır (Hansen, 1999, s.2.30). Bu tekniklerin yanı sıra söz konusu algoritmalarından türetilmiş açık-döngü (open-loop), geribildirim (feedback), ileri bildirim (feedforward) kontrolleri gibi farklı kontrol yöntemleri de kullanılabilir.



Şekil 3.3. Proses kontrol teknikleri

Endüstri mühendisliği, genel olarak, mühendislik yaklaşımının işletmenin fonksiyonel boyutları üzerine çok yönlü olarak uygulanmasıdır. Bu yaklaşımın bir alt dalı olan metot mühendisliği çalışmaları, proseslerin tasarlanması, önem derecelerinin belirlenmesi, süreçlerin analiz edilmesi ve yeterlilik düzeylerinin tespiti gibi konulara yönelik teknik ve yöntemlerle ilgilenmektedir. Bu çalışmalar sonucu belirlenmiş proses ve değişkenlerine ilişkin kontrol ve değerlendirmeler ise genellikle yöneylem araştırması teknikleri kullanılarak oluşturulmuş deterministik veya stokastik modeller aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Örneğin, Martinez vd. (1998), parti tipi proseslerde proses kontrol ve performans değerlendirmesini deterministik modelleme ile gerçekleştirmişlerdir. Benzer şekilde Biagiola ve Figueroa (2004), Hahn ve Edgar (2002), kimyasal proses endüstrilerinde öngörücü (predictive) kontrol modellerini deterministik modelleme aracılığıyla geliştirip simüle etmişlerdir.

İstatistiksel yaklaşım, ürün ve prosese ait temel karakteristikleri tanımlanma, analiz etme, düzeltici faaliyetleri belirleme (Massotte ve Bataille, 2000, s.365) ve proses performansını değerlendirme konularında diğer yaklaşımlara oranla daha yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşım çerçevesinde kullanılan teknikler içerisinde en yaygın olanı istatistiksel proses kontroldür. Kano vd. (2004), Lane vd. (2003), Singh ve Gilbreath

(2002), Martin vd. (1999) gibi bir çok araştırmacı proses kontrol alanında yapmış oldukları çalışmalarında çok değişkenli (multivariate) istatistiksel proses kontrol tekniklerinden yararlanmışlardır.

İstatistiksel proses kontrol tekniklerinin temel amacı, proseste istikrarı sağlamak, uygun tolerans sınırlarını belirlemek ve değişkenliği bu sınırlar arasında izlemektir. Proses performansının izlenmesini kolaylaştıran bu teknikler, aynı zamanda performans ölçüm sistemlerine entegre edilebilme potansiyeline sahiptirler (MacCarthy ve Wasusri, 2001, s.811). Söz konusu teknikleri, değişkenler için \bar{X} ve R grafikleri, özellikleri için ise kusurlu sayısı ve oranına dönük c ve p grafikleri şeklinde örneklendirmek mümkündür. İstatistik yaklaşımı içerisinde ele alınan zaman serisi analizleri, zaman boyutunu kapsayan bir modelleme mantığı ile dinamik bir yapı sunmaktadır. Neden-etki analizleri ise hangi nedenlerin ne tür etkileri olduğunu belirlemede kullanılan tekniklerdir. Bu teknikler içerisinde en yaygın olanları balık kılçığı ve regresyon analizleridir.

Proses kontrolü ve performans değerlendirmesine ilişkin yukarıda bahsedilen tekniklerin sayısını artırmak mümkündür. Burada proses kontrol tekniklerinin sınıflandırılmasına ilişkin genel bir çatı sunulmuştur. Ayrıca bu teknikler, kademeli olarak farklı kombinasyonlar halinde modelleme çalışmalarında bir arada kullanılabilir. Nitekim çalışmanın uygulama bölümünde kontrol grafiklerinin, proses yeterliliğinin, regresyon ve simülasyon tekniklerinin birlikte kullanımı gerçekleştirilmiştir.

4. PROSES İMALATINDA PERFORMANS ÖLÇME VE İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK BİR MODELLEME YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA

Çalışmada uygulanan modelleme yaklaşımı, imalat sürecindeki proses karakteristiklerinin nihai ürün kalite karakteristikleri üzerindeki etkisini ölçmeye ve buradaki performansı iyileştirmeye odaklanmıştır.

Modelin uygulaması, cam işleyen bir fabrikanın ayna imalat prosesinde gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde, prosesin en önemli hammaddesini oluşturan cam ve ayna imalatının süreç yapısı anlatılmış, prosesin mevcut durumu kontrol grafikleri ve yeterlilik indeksleri kullanılarak analiz edilmiştir. Daha sonra ayna prosesinin yapısal modeli kurgulanarak çalıştırılmıştır. Modelin ürettiği sonuçlardan hareketle proses performansını artıracak yeni tolerans aralıkları belirlenmiş ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır.

4.1. Cam Hammaddesi ve Özellikleri

Saydam, yarısaydam yada opak, sert ve inorganik bir malzeme olan cam, asidik, bazik oksitler ve renklendiricilerden oluşmaktadır (Esam, 2006). Cam, aslında maddi değeri çok yüksek olmayan ve tarihin her döneminde çok iyi bilinen ham malzemelerle üretildiği halde, günümüzde en önemli koleksiyonların baş köşelerinde yer alan otantik bir üründür. Camcılığın kendi içerisindeki teknik zorluklarına karşılık, sonuçta ortaya çıkan ürünler, üretildiği bölgenin “gücünü temsil eden birer kimlik ürünü” biçimini almış gibidir. En eski ve küçük bir cam boncuktan başlayarak Roma döneminin en önemli sanayi ürünü olan küçük camlarına kadar hep böyle bir kimlik yarışımının yaşandığı görülmektedir. Ama bu sanayi yarışımını kıyasıya sürdürmüş olanların haklı oldukları da bugün kolaylıkla anlaşılmaktadır. Bu haklılığın en açık göstergesi, müze vitrinlerinde duran herhangi bir cam eserin, onun üretildiği dönemi ve bölgeyi adeta bir belge kadar açıklıkla tanımlayabilmesidir (Küçükerman, 1998, s.14).

Suni camın nasıl üretildiğine dair hiçbir kanıt olmamasına rağmen, Romalı bir tarihçi olan Pliny, camı, Fenikeli denizcilerin tesadüf eseri bulduğunu ifade etmektedir. Camı ilk üretenlerin M.Ö. 2. yüzyılda Fenikeliler ve Mısırlılar olduğu söylene de, Mezopotamya’da bulunan ilk cam örnekleri, camın tarihinin M.Ö. 3. yüzyıla kadar dayandığını göstermektedir (Cam Ocağı, 2006).

Türkiye’de de Selçuklulardan kalma cam ürünlerinin varlıkları bilinmektedir. Cam endüstrisi, Osmanlı döneminde oldukça gelişmiş ve Cumhuriyetin kuruluşu ile birlikte yeni bir yön kazanmıştır. İlk ulusal fabrika, 17 Şubat 1934’te Türkiye İş Bankası tarafından “Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.” adı altında kurulmuştur. Bu fabrikayı çeşitli tarzlarda cam üretimi yapan bir çok başka fabrika takip etmiştir (Cam Ocağı, 2006). Sektörün büyük kuruluşlarını, Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Konya Cam, Gural Cam, İzocam ve İzotoprak oluşturmaktadır. 2001 yılı itibariyle üretim kapasitesi (işlenmiş camlar hariç) ise yaklaşık olarak 1.6 milyon tondur (TÜBİTAK, 2006).

Günümüzde cam, basit bir su bardağından daha karmaşık ürünlere kadar bir çok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmanın uygulamasına konu olan fabrikada da girdi olarak kullanılan cam, satina, kris ve ayna olmak üzere 3 farklı ürüne dönüştürülmektedir. Satina, cam yüzeyinden asit yardımı ile parçacıkların koparılması ile elde edilen bir üründür. Aşındırılmış cam üzerinde ışığın kırılması, camın beyaz olarak algılanmasına neden olmaktadır. Kris ise dekoratif amaçlı olarak satina veya düz cam üzerine model işlenmesiyle elde edilen bir üründür.

4.2. Ayna İmalat Prosesi

Ayna prosesini genel olarak proseste kullanılan boya ve kimyasalların hazırlanması, imalat süreci ve proses-nihai ürün kontrolleri olmak üzere 3 ana grupta incelemek mümkündür.

4.2.1. Boyaların ve Kimyasalların Hazırlanması

Ayna imalatında boya, astar ve son kat olmak üzere iki aşamada uygulanmaktadır. Astar ve son kat boyalar imalattan bir gün önce hazırlanıp dinlenmeye bırakılmaktadır. 80 kg.’lık astar boyanın viskozitesi 25-35 s., 100 kg.’lık son kat boyanın viskozitesi 30-45 s. olacak şekilde tiner ile inceltilerek hazırlanmaktadır.

Kimyasallardan RNA, Amonyak (NH_3) ve MA280 (indirgeyici) dışarıdan hazır olarak satın alınmaktadır. Diğer kimyasalların hazırlanışı ise aşağıda ifade edildiği gibidir.

- *Seryum Oksitin (CeO_2) Hazırlanması:* 100 L.’lik normal su (şebeke suyu) içerisine 2 kg.’lık seryum katılarak sürekli bir şekilde karıştırılmaktadır.

- *Aktivatör Çözeltisinin Hazırlanması:* 21 kg. monohidrat sitrik asit ve 60 L. demineralize su (saf su) 100 L.'lik göstergeli plastik veya paslanmaz çelikten bir tankın içerisine konularak çözülene kadar karıştırılmaktadır. 4,400 mL. veya 8,100 g. sülfürik asit (H_2SO_4) ve demineralize su ilavesiyle 100 L.'ye tamamlanan çözelti karıştırıldıktan sonra bir gün dinlendirilmektedir.
- *Kalay Klorür ($SnCl_2$) Çözeltisinin Hazırlanması:* 80 mL. Lon Lab kalay klorür çözeltisi temiz bir pipet veya dereceli ölçü kabı kullanılarak 20 L.'lik temiz bir plastik bidona konmaktadır. Demineralize su kullanılarak bidondaki seviye 20 L.'ye tamamlanmakta ve karıştırılmaktadır. Daha sonra RNA kimyasalı ile karıştırılan bu çözeltinin 4 saat içerisinde proseste kullanılması gerekmektedir.
- *Bakır Sülfat ($CuSO_4$) Çözeltisinin Hazırlanması:* 22 kg. bakır sülfat (göztaşı) ve 60 L. demineralize su, 100 L. ölçüsünü gösteren plastik veya paslanmaz çelikten bir tanka konarak, bakır sülfat çözülene kadar karıştırılmaktadır. 20 L. Lon Lab Cu-1-C ve demineralize su ilavesiyle 100 L.'ye tamamlanan çözelti karıştırıldıktan sonra bir gün dinlendirilmektedir.
- *Gümüş Nitrat ($AgNO_3$) Çözeltisinin Hazırlanması:* Gümüş nitrat çözeltisinin hazırlanışı iki aşamalı bir süreçtir. İlk aşamada gümüş eritilerek gümüş nitrat hazırlanmakta, ikinci aşamada ise diğer kimyasallar karıştırılarak çözeltinin hazırlanması gerçekleştirilmektedir. Gümüşün eritilmesi aşamasında, 10 kg. gümüş (Ag), 3.5 L. nitrik asit ve 3.5 L. demineralize su ile karıştırılarak köpük beyazlayıncaya veya yok oluncaya kadar kaynatılmaktadır. Kaynatma işleminden sonra karışım süzülmemektedir. Süzme işleminden sonra yine 3.5 L. nitrik asit ve 3.5 L. demineralize su ilave edilerek tekrar kaynatılmaktadır. Ardışık olarak üç kez tekrarlanan bu işlemin sonucunda 15-16 kg.'lık gümüş nitrat elde edilmektedir. İkinci aşamada 2,200 g. gümüş nitrat, 4 L.'lik demineralize su ile 20 L.'lik plastik bir kap içerisinde karıştırılarak eritilmektedir. Daha sonra sırasıyla 4.4 L. amonyak, 8 L. MSS277, 20 L.'ye tamamlayacak şekilde demineralize su ilave edilmektedir. Söz konusu her bir kimyasal ilave edildikten sonra karıştırma işlemi tekrarlanmaktadır.

4.2.2. İmalat Süreci

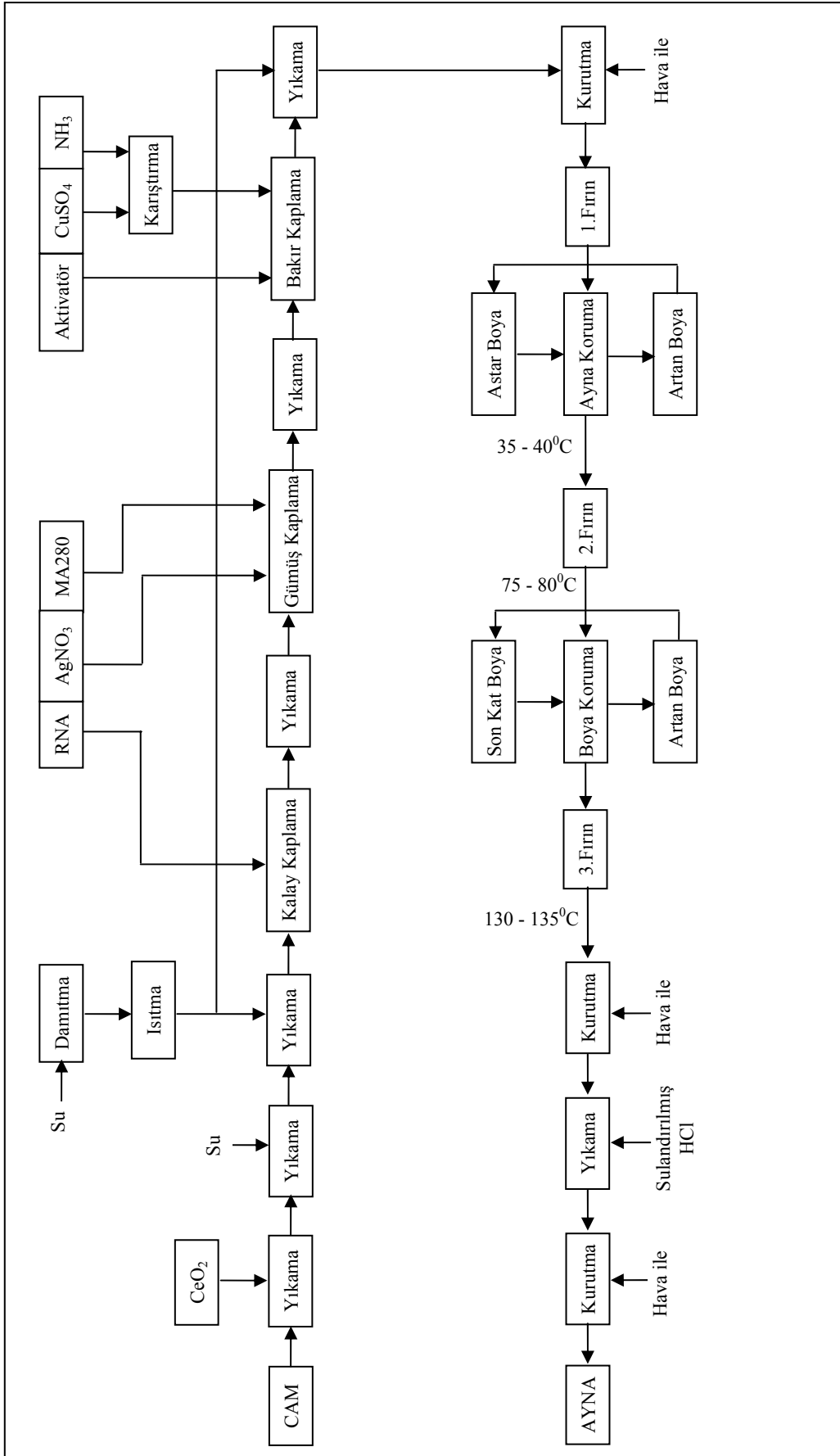
Ayna imalatının temel hammaddeleri cam, kimyasallar ve boyalardır. İmalat süreci, yıkama, kimyasalların kaplanması ve koruma boyalarının sürülmesi olmak üzere üç ana aşamadan oluşmaktadır (Şekil-4.1). Üretilen aynanın kalitesi bu üç ana aşamanın etkin bir şekilde yürütülmesine bağlıdır.

Birinci yıkama aşaması, ham camın kir ve tozdan temizlenmesi aşamasıdır. Kir ve toz, kimyasalların cam üzerine yapışmasını ve yayılımını engellemektedir. Ayrıca yıkamada kullanılan suyun temizliği de ayna kalitesini etkilemektedir. Bu nedenle, kimyasal kaplama aşamasından önceki son yıkamada ve sonraki aşamalarda ısıtılmış saf su kullanılmaktadır.

Kimyasal kaplama aşaması, cam üzerine kimyasalların kaplandığı aşamadır. Bu aşamada, kimyasalların kullanım miktarı, cam üzerindeki yayılımı önem kazanmaktadır. Ayrıca, hava kabarcıklarının oluşmaması ve herhangi bir yabancı maddenin cam üzerine yapışmaması gerekmektedir. Bu tür hatalar tespit edildiğinde hattan alınan cam yıkanıp tekrar sürece dahil edilebilmektedir.

Üçüncü aşama, koruma amaçlı olarak kimyasalların üzerine sırasıyla astar ve son kat boyalarının sürüldüğü aşamadır. Burada, boyaların yoğunluğu, cam üzerindeki yayılımı, son kat boyanın astar boyayı tamamen örtmesi ve boyaların iyi kurutulması önem kazanmaktadır. Fırınlama işlemleri bu aşamada gerçekleştiğinden herhangi bir hata durumunda geriye dönüş yoktur.

Fırınlardan çıkan camın yüzeyinde olması gereken ideal sıcaklıklar Şekil-4.1'de verildiği gibidir. Birinci fırından çıkan camın sıcaklığına ilişkin ölçümler, kimyasalların yaptığı yansıma yüzünden astar boyadan, ikinci ve üçüncü fırınlarda ise fırın çıkışlarından sonra gerçekleştirilmektedir. Şekilde yer alan ara aşamalardaki hava ile kurutma işlemlerinde ise salyangoz fanlar kullanılmaktadır.



Şekil 4.1. Ayna prosesi akış şeması (Not: Ayna düz bir hat üzerinde devam etmektedir. Burada sayfaya sığdırmak için U şeklinde çizilmiştir).

Fırınlar arasında camın yüzey sıcaklığının 40-50⁰C'ye düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için fabrikada herhangi bir düzenek kurulmamıştır. Bu durum, hat yavaşlatılarak ortam sıcaklığı ile sağlanmaktadır.

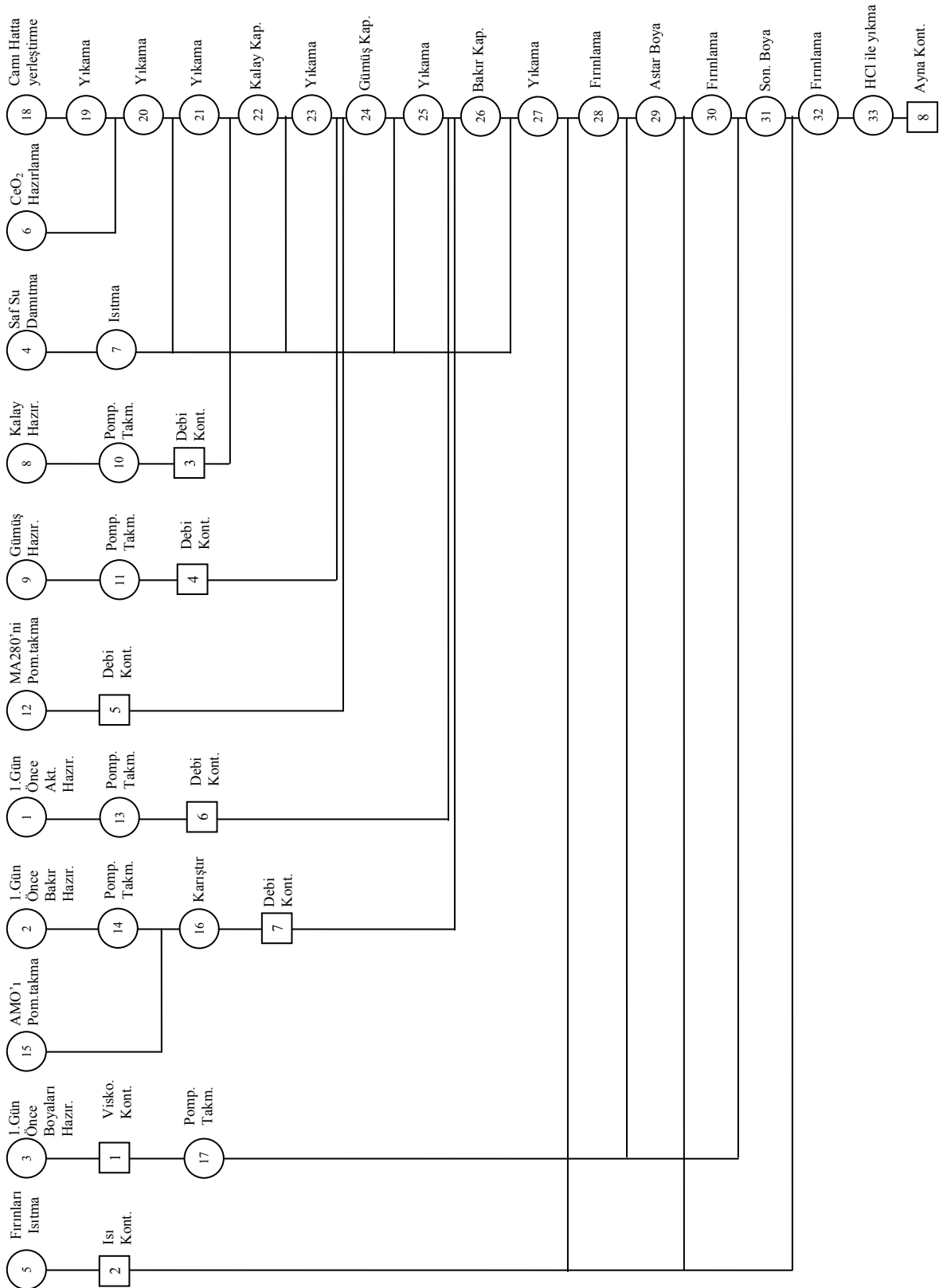
Ayna imalat prosesinin ana işlemler şeması Şekil-4.2'de verildiği gibidir. Boyalar, bakır ve aktivatör bir gün önceden hazırlanıp dinlenmeye bırakılmaktadır. Diğer kimyasalların hazırlanıp, pompalara takılması ve debi kontrollerinden sonra imalata başlanmaktadır.

Fabrikada, ayna hattının uzunluğu yaklaşık olarak 60 m.'dir. Dışarıdan tedarik edilen 2.5x3.21 m. ölçüsündeki camlar genellikle 1.4x2.5, 1.5x2.5, 1.605x2.5 veya 1.81x2.5 m. ölçülerinde kesilmiş olarak ayna hattına yerleştirilmektedir. Hat üzerine yerleştirilen cam yüzeyi sırasıyla seryum oksit (CeO₂), şebeke suyu ve 30-33⁰ C'ye kadar ısıtılmış saf su ile yıkanmaktadır (Şekil-4.2).

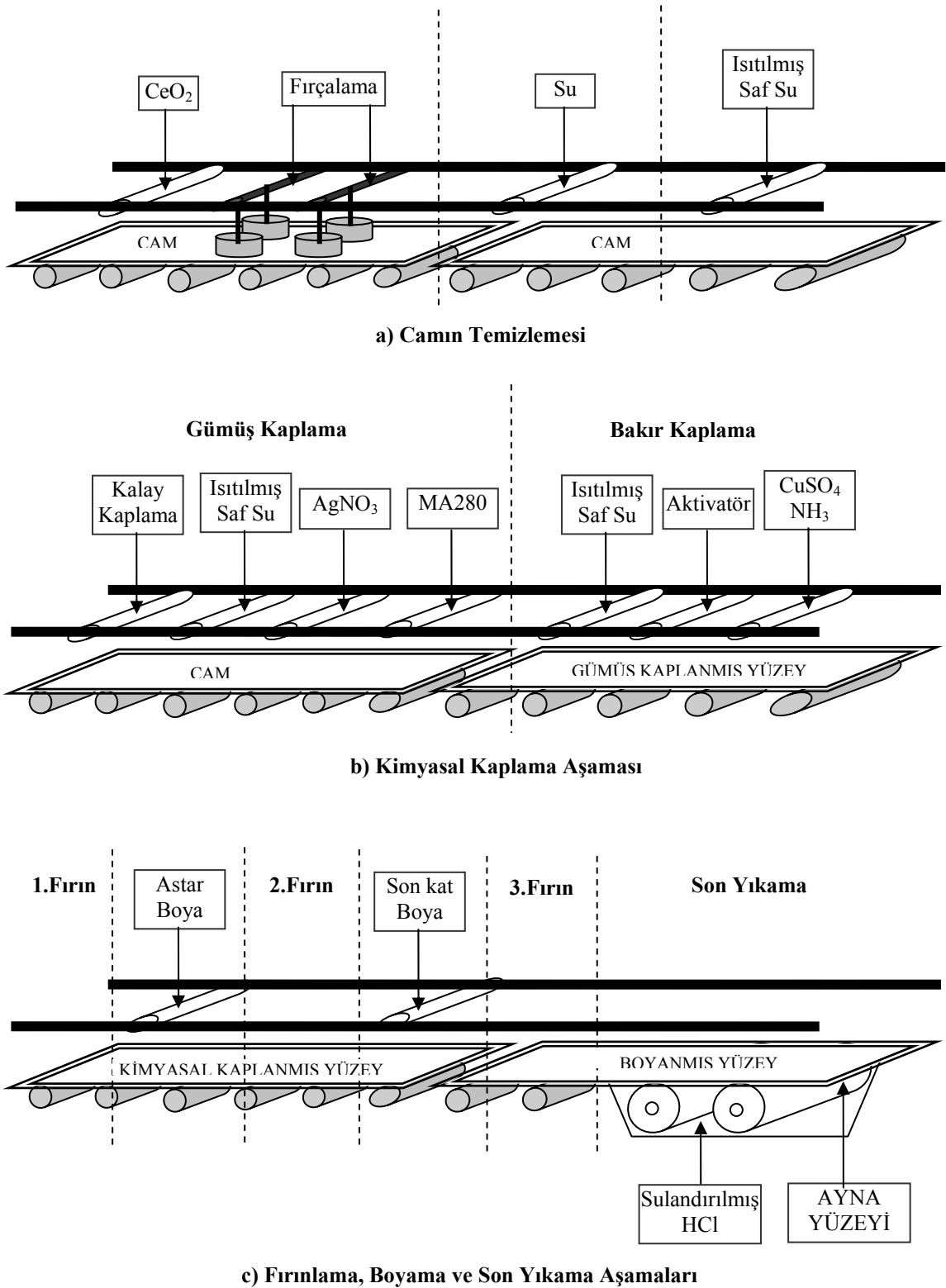
Temizlenen cam, sırasıyla kalay, gümüş ve bakır ile kaplanmaktadır. Söz konusu her bir aşamada ara yıkamalar gerçekleştirilmektedir. Birinci fırın aracılığıyla kurutulan cam üzerine astar ve son kat boyalar uygulanmaktadır. Astar boya ikinci fırında, son kat boya ise üçüncü fırında kurutulmaktadır. Üçüncü fırından sonra ısı 70⁰C'nin altına düşürülen camın ayna yüzeyi (kimyasalların ve boyaların tatbik edilmediği alt yüzey), sulandırılmış hidroklorik asit (HCl-tuzruhu, karışımın yaklaşık olarak %5'lik kısmını oluşturuyor) ile yıkanarak temizlenmektedir.

Şekil-4.3'de, ana aşamalar itibariyle prosesin farklı bir açıdan görüntüsü verilmiştir. Şekilde ara aşamalarda yapılan hava ile yapılan kurutma işlemlerine yer verilmemiştir. Daha öncede belirtildiği gibi, kurutma işlemi salyangoz fanlar kullanılarak camın üzerine havanın üflenmesi ile gerçekleştirilmektedir.

Yıkama ve kimyasal kaplama aşamalarında nozullar aracılığıyla saf su ve kimyasallar belirli bir açıyla cam üzerine püskürtülmektedir. Örneğin, gümüş kaplamada kullanılan 80,050 nozulu 80⁰'lik açı ile gümüş, 10,001 nozulu ise 110⁰'lik açı ile saf su püskürtmektedir. İki gümüş nozulu arasındaki uzaklık 16-17 cm., cam ile nozul arasındaki yükseklik ise 20-21 cm.'dir. Gümüş kaplama sistemi bir dakikada 13-16 tur (gidiş-geliş) yapmaktadır.



Şekil 4.2. Ayna imalat prosesinin ana işlemler şeması



Şekil 4.3. Prosesin ana aşamalar itibariyle yandan görünüşü

Fırınlarda camın ısıtılma süresi, hat hızının 4 m./min. olduğu varsayımıyla sırasıyla 1, 2 ve 4 min.'dir. Boyama işlemlerinde ise perdeleme yöntemi kullanılmaktadır. Son yıkama işleminden sonra kurutulan ayna, paletler üzerine alınmakta ve nihai ürün kontrol aşamasına geçilmektedir.

4.2.3. Proses ve Nihai Ürün Kontrol

Prosesle ilgili ölçümler* gün içerisinde saat 09:00, 11:00, 13:00 ve 15:00'de gerçekleştirilmektedir. Ölçüm saatleri dışındaki kontrollerde ise genellikle gözle kontrol yöntemi uygulanmaktadır. Kalay, gümüş ve bakır kaplama aşamalarında hata (hava kabarcıkları, kir vb.) tespit edildiğinde hat durdurulmakta ve gerekli kontroller yapılarak düzeltici faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Bu aşamalarda tespit edilen hatalı ürünler, yıkama işleminden geçirildikten sonra tekrar prosese dahil edilmektedir. Astar veya son kat boya aşamalarını tamamlamış ürünlerin kontrolü ise nihai ürün kontrol aşamasında gerçekleştirilmektedir.

İmalatı tamamlanan ayna hattan alınarak palet üzerine yerleştirilmektedir. Birinci aşamada aynanın boyalı yüzeyi gözle kontrol edilerek boyamada hata olup olmadığı tespit edilmektedir. Boya yırtıkları veya kalınlıklarındaki farklılıklar, boya hata olarak tanımlanmaktadır. Boya hatanın tespitine dönük kullanılan diğer bir kontrol yöntemi ise çapraz kesme testidir. Bu testte, boyalı yüzey üzerine 1mm'lik aralıklarla çapraz çizikler atılarak, üzerine bant yapıştırılmaktadır. Bant hızla çekildiğinde çizgiler arasında kopmaların gerçekleşmesi, boyanın fırınlarda iyi kurumadığına işaret etmekte ve boya hata olarak tanımlanmaktadır.

İkinci aşamada, kimyasal hatanın (özellikle gümüş hata) tespitine dönük olarak aynanın ön yüzeyi kontrol edilmektedir. Ayna yüzeyinde sarı lekelerin, siyah ve kahverengi noktaların veya kararmaların bulunması kimyasal hata olarak tanımlanmaktadır.

Proses veya nihai ürün kontrolünde tespit edilen diğer bir hata türü ise cam hammaddesinin korozyona uğranmasından veya cam içindeki habbeden (baloncuk) kaynaklanan hatadır. Bu hata türü ise cam hata olarak adlandırılmaktadır.

Bahsedilen üç hata türü dışında özellikle 3. fırındaki fazla ısınmadan dolayı kırılmalar gerçekleşebilmektedir. Kırılmaların diğer bir kaynağı ise taşımadır. Nihai ürün kontrolünde tespit edilen hatalı ve kırık ürünler, hatalı ürünler bölümüne, sağlam ürünler ise sağlam ürünler bölümüne alınmaktadır. Eğer nihai üründeki hata, kesim işlemi ile elimine

* Proses göstergeleri ve ölçümlerine ilişkin bilgilere ilerleyen bölümlerde yer verilecektir. Bu nedenle bu başlık altında detay bilgilere yer verilmemiştir.

edilebiliyor ise hatalı ürünler değerlendirilmekte, aksi durumda hurda olarak tasnif edilmektedir.

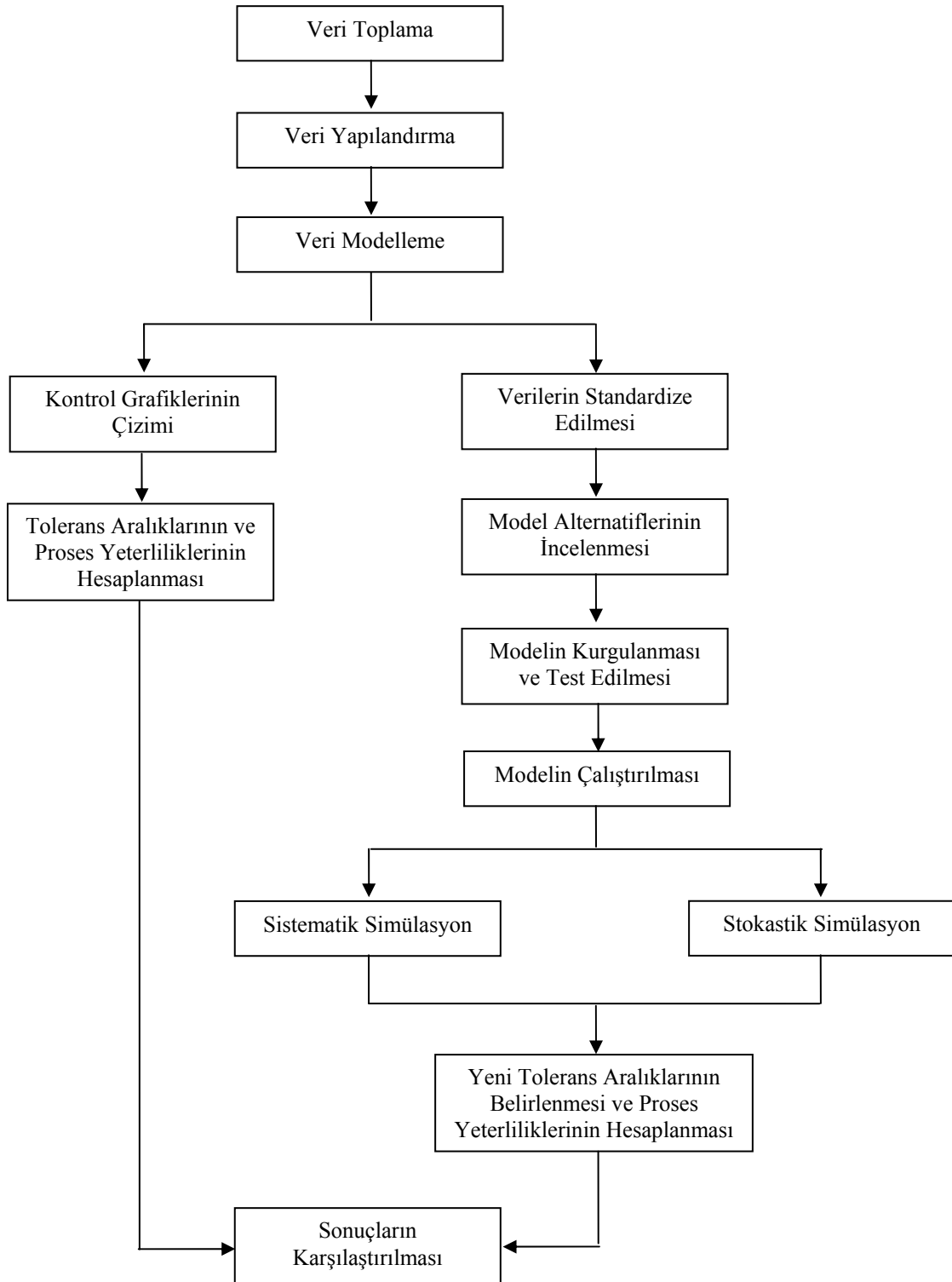
Yukarıdaki kontrollerin dışında, her üretim partisinden gün içerisinde 2 adet 10x10 cm ölçülerinde ayna örneği alınarak silikon yardımıyla cam tablalar üzerine yapıştırılmaktadır. Üzerine tarih ve saat bilgisi yazılan bu örneklerin silikon ile etkileşim nedeniyle bozulup bozulmadığı 1-2 haftalık süre içerisinde takip edilmektedir. Ancak üretilen aynaların genellikle depo çıkışları gerçekleştiğinden bozulma olması durumunda geriye dönük kontrol ve düzeltme faaliyeti gerçekleştirilememektedir.

4.3. Metodoloji

Çalışmada izlenen metodoloji, genel olarak dört aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama verilerin toplanarak, analiz ve modelleme çalışması için uygun veri setlerine dönüştürülme aşamasıdır. İkinci aşamada, prosesin mevcut durumu değerlendirilmiştir. Yapısal modelin kurgulanması üçüncü aşamayı oluşturmaktadır. Dördüncü aşamada ise model çalıştırılmış ve modelin ürettiği sonuçlarla mevcut durumun karşılaştırması yapılmıştır. Bu aşamalarda izlenen algoritmik adımlar Şekil-4.4’de verildiği gibidir.

Bu başlık altında, birinci aşamaya ilişkin detaylar alt başlıklar halinde açıklanacaktır. Diğer üç aşamada kullanılan yöntem ve izlenen algoritmik adımların detaylarına ise ilgili başlıklar altında değinilecektir.

Çalışmada, verilerin dağılımına ilişkin analizlerde E-Views 3.0, grafikler ve diğer istatistik analizlerde ise SPSS 10.0 paket programları kullanılmıştır. Verilerin yapılandırılması, modellenmesi, simülasyon uygulaması ve yeterlilik hesaplamaları, Microsoft Excel’de hazırlanan makrolar aracılığı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.4. Çalışmada izlenen algoritmik adımlar

4.3.1. Verilerin Toplanması

Toplanan veri seti, 01.03.2004 – 29.09.2005 tarihleri arasını kapsayan toplam 19 aylık bir döneme aittir. Fabrikada, nihai ürün karakteristiklerine ilişkin veriler, günlük imalatın bir sonucu olarak; proses karakteristiklerine ilişkin verileri ise gün içerisinde dört farklı saat diliminde yapılan ölçümlere göre kayıt altına alınmaktadır (Tablo-4.1). Standart formlara (Ayna Üretim Takip Formu) kayıt edilen bu veriler, her ay için ayrı olarak hazırlanmış Microsoft Excel dosyalarına aktarılmaktadır.

Tablo 4.1. Nihai ürün ve proses karakteristiklerinin birimleri ve ölçüm yöntemleri

Nihai Ürün Karakteristikleri	Birim	Ölçüm Yöntemi	
Sağlam Miktarı ^a	Adet	Elle sayma	
Kimyasal Hata Miktarı ^a	Adet	“ “	
Boya Hata Miktarı ^a	Adet	“ “	
Kırık Miktarı ^a	Adet	“ “	
Hurda Miktarı ^a	Adet	“ “	
Cam Hata Miktarı ^a	Adet	“ “	
Proses Karakteristikleri	Birim	Hedef Değer	Ölçüm Yöntemi
Hava Sıcaklığı (HSC)	°C		Dijital termometre
Nem (NEM)	%		Hygrometre
Safsu Sıcaklığı (SSU)	°C	Y/K ^c =30	Su ısıtma makinasında bulunan termometrenin kontrolü ile
MA280 (MA)	L/h	Y=4-4.5 K=5-6	London Lab. motorlarının pompalama göstergelerinin kontrolü ile
Kalay (KLY)	L/h	Y/K=9-10	“ “
Gümüş Debi Miktarı (GDB)	L/h	Y=7.5-8 K=10-12	“ “
Aktivatör (AKT)	L/h	Y/K=2	“ “
Amonyak (AMO)	L/h	Y/K=2.5-5	“ “
Bakır Debi Miktarı (BDB)	L/h	Y/K=5-7	“ “
Hat Hızı ^b (HHZ)	cm/min.	Y=247.9-251.2 K=235.5-241.1	Kronometre
Birinci Fırından Çıkan Camın Yüzey Sıcaklığı (FRN1)	°C	Y/K=35-40	Orta dalga infraret termometrenin cam yüzeyine tutulması ile
İkinci Fırından Çıkan Camın Yüzey Sıcaklığı (FRN2)	°C	Y/K=75-80	“ “
Üçüncü Fırından Çıkan Camın Yüzey Sıcaklığı (FRN3)	°C	Y/K=125-130	“ “
Astar Boya Viskozitesi (ABY)	s.	Y=25-30 K=30-35	4 mm’lik Fordcup’ın boşalma süresi
Sonkat Boya Viskozitesi (SBY)	s.	Y=30 K=40-45	“ “

a: Çalışmada, (Depo Çıkış Miktarı_t / X_t) formülü aracılığı ile hesaplanan oranlar kullanılmıştır.
b: Kimyasalları kaplama aşamasında hattın hızı. Uygulamada hatta bulunan ve yarıçapı 2.5 cm olan dişlinin tek turu tamamlama süresi olarak, saniye cinsinden kayıt edilmektedir. Çalışmada $2\pi R$ formülü ile dişlinin çevresi hesaplanmış ve gerekli dönüşümler yapılarak veriler cm/min. cinsinden kullanılmıştır.
c: Y=Yaz (Haziran-Eylül), K=Kış (Ekim-Mayıs) dönemlerini ifade etmektedir.

4.3.2. Veri Yapılandırma ve Modelleme

Veri yapılandırma, problemin bulunduğu çevreden türetilen ve ortak karar verme sürecini modellemek amacıyla oluşturulan bir mekanizmadır (Kutti vd., 1999). Verilerin kategorize edilmesi, birbirleriyle ilişkili kümelerin tanımlanarak etiketlenilmesi, veri yapılandırmanın temel aşamalarını oluşturmaktadır (Burma, 2006). Veri modelleme ise, gerçek dünya ile ilgili organize edilmiş verinin işlenerek uygun bir dijital veri setine dönüştürülmesi işlemidir (Reis, 2003). Çalışmada, verilerin yapılandırılması ve modellenmesi aşamasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- i. Farklı sayfalarda ve dosyalardaki verileri hazırlanan makrolar ile temsili veri tablosuna aktarma.
- ii. Veri girişi yapılmayan günleri (teknik sorunlar, bakım vb. nedenlerden dolayı prosesin çalışmadığı günler) belirleme ve veri tablosundan çıkartma. Bu işlem sonucunda 268 günlük veri setine ulaşılmıştır.
- iii. Operatörden kaynaklanabilecek hatalı veya eksik veri girişlerinin kontrol edilmesi. Hatalı olabileceği düşünülen verilere ilişkin kesin karar, fabrika yöneticileri ile görüşüldükten sonra verilmiştir. Toplam 92 günlük veride eksik veya hatalı giriş tespit edilmiş, bu verilerin elimine edilmesiyle 176 günlük veri setine ulaşılmıştır.
- iv. Karakteristiklerin aldığı değerler itibariyle dışa düşen ve proseste bir sorun olduğuna işaret eden gün/günler olup olmadığının araştırılması. 15.03.2004 tarihinde proseste ait dört karakteristikte (GDB, KLY, AKT, BDB) olağan dışı bir atış gözlenmiştir. Fabrika yöneticilerinin de onayı ile ilgili tarihe ait veriler elimine edilmiştir. Sonuçta çalışmada kullanılmak üzere 175 günlük veri setine ulaşılmıştır.
- v. Proses karakteristiklerini temsil edecek veri setinin tespit edilmesi. Öncelikle ölçüm değerlerinin saat dilimleri itibariyle anlamlı bir şekilde farklılaşp farklılaşmadığı araştırılmıştır. Yapılan varyans analizi sonucunda özellikle nemin anlamlı bir şekilde farklılaştığı gözlenmiştir (Tablo-4.2). Hava sıcaklığının (HSC) ise saat 09:00'da ölçülen değerleri, diğer ölçüm saatlerinden farklılık göstermektedir. Söz konusu karakteristikler, kontrol edilemeyen dışsal değişkenlerdir. Ölçüm değerleri farklılaşan diğer

karakteristikler ise fırınlarda işlem gördükten sonra cam yüzeyindeki ısıyı gösteren FRN1, FRN2 ve FRN3 değişkenleridir.

Tablo 4.2. Ölçüm değerleri, ölçüm saatleri itibariyle farklılaşan proses karakteristikleri

Göst.	Ö.Sa.	09:00	11:00	13:00	15:00	Göst.	Ö.Sa.	09:00	11:00	13:00	15:00
HSC	09:00		√	√	√	FRN1	09:00			√	√
	11:00	√					11:00				
	13:00	√					13:00	√			
	15:00	√					15:00	√			
NEM	09:00		√	√	√	FRN2	09:00				
	11:00	√		√	√		11:00			√	
	13:00	√	√			FRN3	13:00		√		
	15:00	√	√				15:00				

İşaretli alanlar, ilgili ölçüm saatleri itibariyle değerler arasında anlamlı farklılaşmalar olduğunu göstermektedir (%95). Varyans analizinde Oneway ANOVA-(Bonferroni) testi kullanılmıştır.

Karakteristiklerin çoğunluğunda anlamlı bir farklılaşma bulunamamıştır. Bu aşamada, veri seti olarak günlük ortalamalarla çalışmanın anlamlı olup olmadığı araştırılmıştır. Sıra korelasyonlar aracılığıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, hesaplanan günlük ortalama değerlere yakın ve uzak düşen saat dilimleri tespit edilmiştir. Tablo-4.3’de verilen skorlar, (1-S.korelasyon değeri) formülü ile hesaplanmıştır. Büyük skor değerleri, günlük ortalamadan uzaklaşan değerleri temsil etmektedir. Toplam skor puanları itibariyle saat 11:00’in en yakın, saat 15:00’in ise en uzak değeri almasına rağmen, detayda, göstergelerin farklı saat dilimleri itibariyle günlük ortalamaya yaklaştığı veya uzaklaştığı görülmektedir.

Tablo 4.3. Günlük ortalama değerlere yaklaşan ve uzaklaşan ölçüm değerleri

	Günlük Ortalama İle Saatler İtibariyle Ölçümlerin Sıra Korelasyonları				Günlük Ortalamaya En yakın ve En Uzak Saatler			
	09:00	11:00	13:00	15:00	09:00	11:00	13:00	15:00
HSC	0.963	0.984	0.983	0.974	0.037	0.016	0.017	0.026
NEM	0.933	0.955	0.937	0.924	0.067	0.045	0.063	0.076
SSU	0.753	0.832	0.792	0.753	0.247	0.168	0.208	0.247
MA	0.833	0.892	0.906	0.816	0.167	0.108	0.094	0.184
GDB	0.819	0.813	0.821	0.746	0.181	0.187	0.179	0.254
KLY	0.879	0.925	0.922	0.903	0.121	0.075	0.078	0.097
AKT	0.898	0.875	0.884	0.906	0.102	0.125	0.116	0.094
BDB	0.911	0.907	0.945	0.930	0.089	0.093	0.055	0.070
AMO	0.914	0.908	0.906	0.877	0.086	0.092	0.094	0.123
HHZ	0.913	0.931	0.939	0.887	0.087	0.069	0.061	0.113
FRN1	0.949	0.977	0.968	0.951	0.051	0.023	0.032	0.049
FRN2	0.750	0.837	0.850	0.695	0.250	0.163	0.150	0.305
FRN3	0.643	0.807	0.796	0.712	0.357	0.193	0.204	0.288
ABY	0.871	0.942	0.899	0.891	0.129	0.058	0.101	0.109
SBY	0.866	0.897	0.906	0.795	0.134	0.103	0.094	0.205
Toplam Skor					2.105	1.518	1.546	2.240

Analizler sonucunda belirli bir ölçüm saatinin ön plana çıkmaması ve nihai ürün karakteristiklerine ait verilerin bir günlük süreci temsil etmesi nedeniyle günlük ortalama değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir.

- vi. Nihai ürün karakteristiklerini temsil edecek veri setinin tespit edilmesi. Karakteristiklerden cam hata, dış kaynaklı bir hatadır. İmalat prosesi sonucunda hurdaya ayrılan ürün miktarı ise çok azdır. Kırık hata ise prodesten ve taşıma sırasında meydana gelen kazalardan kaynaklanmaktadır. Fabrikada, prodesten kaynaklanan kırıklara ilişkin ayrı bir veri kaydı tutulmamaktadır. Bu nedenlerle bu üç hata türü analiz ve modelleme çalışmalarının dışında tutulmuş ve nihai ürün karakteristiklerinin göstergesi olarak sağlam, kimyasal hata ve boya hata oranları kullanılmıştır.

4.4. Ayna İmalatının Mevcut Durum Analizi

Prosesin kontrol altında olup olmadığını tespit etmek amacıyla proses kontrol grafikleri çizilmiş; grafiklerden elde edilen tolerans aralıkları ile prosesin yeterlilik hesaplamaları yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.4.1. Ayna İmalatının Proses Kontrol Grafikleri

Feigenbaum kontrol grafiklerini; ürünün, ürünü oluşturan parçaların veya diğer bileşelerin kalite spesifikasyonlarını geçmiş deneyimlere dayanarak saptanmış limitlere göre kronolojik (saat, gün, hafta vb.) olarak karşılaştırmaya yarayan grafik araç olarak tanımlamaktadır (Gözlü, 1990, s.147). Kontrol grafikleri, özellikler için ve değişkenler için olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Tablo-4.4). Özellikler için çizilen kontrol grafikleri, kırık, iyi-kötü, kusurlu, bozuk gibi sıfatlarla ifade edilen kalite spesifikasyonları ile ilgilidir. Değişkenler için çizilen kontrol grafikleri ise boyut, ağırlık, hacim, sıcaklık, hız gibi ölçülebilir karakteristikleri kapsamaktadır.

Tablo 4.4. Değişkenler ve özellikler için kontrol grafikleri ve formülleri

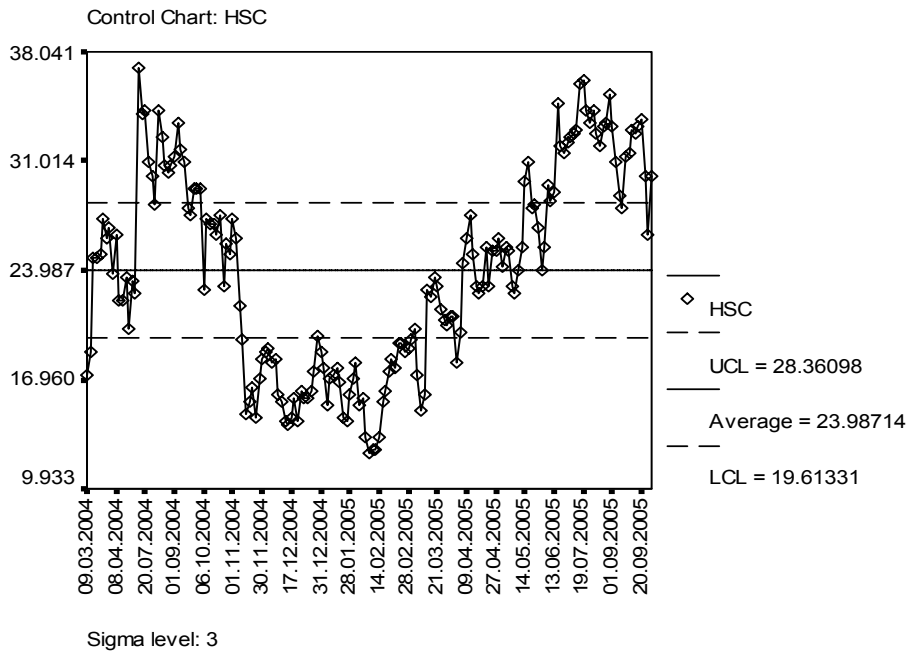
Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri*			Özellikler İçin Kontrol Grafikleri*			
G. Türü	OÇ	AKL ve ÜKL	G. Türü	Kullanıldığı yer	OÇ	AKL ve ÜKL
Ortalama (\bar{X})	\bar{X}	$\bar{X} \pm A_2 \bar{R}$ veya $\bar{X} \pm A_1 \sigma_x$	p	Kusurlu oran	\bar{p}	$\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
Dağılım Aralığı (R)	\bar{R}	$D_3 \bar{R} ; D_4 \bar{R}$	np	Kusurlu sayısı	$n \bar{p}$	$n \bar{p} \pm 3 \sqrt{n \bar{p}(1-\bar{p})}$
Standart Sapma (σ_x)	σ_x	$B_3 \sigma_x ; B_4 \sigma_x$	c	Kusur sayısı	\bar{c}	$\bar{c} \pm 3 \sqrt{\bar{c}}$
Değişken (X)	\bar{X}	$\bar{X} \pm 3 \bar{R} / d_2$ veya $\bar{X} \pm 3 \sigma_x / c_2$	u	Birim başına kusur sayısı	\bar{u}	$\bar{u} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{u}}$

*: Tabloda geçmiş dönem kayıtlarını kullanılarak kontrol limitlerinin hesaplama formülleri verilmiştir. Standartlar (\bar{X}, σ_x) verildiğinde kullanılan formüller değişmektedir.

Proses karakteristiklerinin kontrol grafiklerinin çiziminde, X grafiğinin özel bir türü olan individual X kontrol grafiklerinden yararlanılmıştır. Bu grafiklerin formülasyonu, orta çizgi için \bar{X} (tüm gözlemlerin ortalaması), üst ve alt kontrol limitleri için ise $\bar{X} \pm 3 \bar{R} / d_2$ şeklindedir. Buradaki dağılım aralığının ortalaması (\bar{R}), belirlenen aralığa göre ardışık ölçümler dikkate alınarak hesaplanmaktadır (Devor vd., 1992, s.348). Formülde yer alan d_2 , aralık değerine karşılık gelen kontrol grafikleri katsayıları tablo değeridir (Aralık 2 olarak belirlendiğinden $d_2 = 1.128$ 'dir).

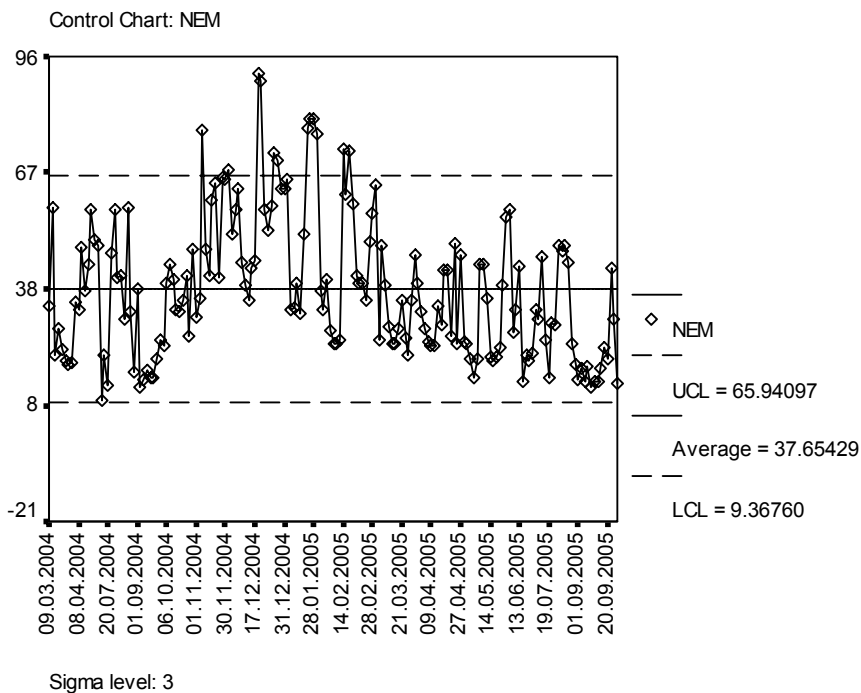
Nihai ürün karakteristiklerinin kontrol grafiklerinin çiziminde ise p grafikleri kullanılmıştır. Bu grafiklerin alt kontrol limiti "0" dır. Dolayısıyla, prosesin kontrol altında olduğu durum, 0-Üst Kontrol Limiti aralığıdır. Uygulamada depo çıkış miktarları değişken olduğundan (diğer bir ifadeyle örneklem sayısı n farklılaştığından) grafiklerde belirli bir üst kontrol limit değeri yer almamaktadır. Limit sınırı grafiklere dalgalı bir hat şeklinde yansımış, değerlendirmeler de bu hat baz alınarak yapılmıştır.

Prosesin önemli değişkenlerinden olan hava sıcaklığı (HSC), dönemsel olarak dalgalanmalar göstermektedir (Şekil-4.5). HSC değerleri, yaz döneminde üst kontrol limitinin üstünde, kış aylarında ise alt kontrol limitinin altında seyretmektedir. Ayrıca, ölçüm değerlerinin büyük bir çoğunluğu kontrol limitlerinin dışında yer almıştır. Dönemsel etkiler ve ölçümlerin grafik üzerindeki dağılımı fabrikada HSC'nın kontrol altında tutulmadığını göstermektedir. Bu durumun temel nedeni fabrika izolasyonunun yetersizliğidir.



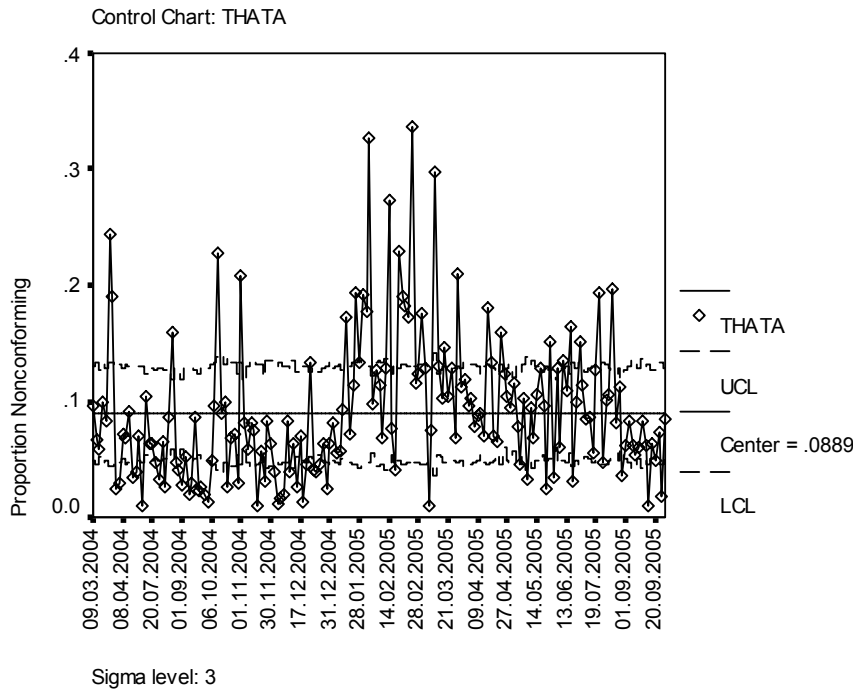
Şekil 4.5. Hava sıcaklığı proses kontrol grafiği

Nem karakteristiğinde de dönemsel etkiler ve sistematik iniş-çıkışlar görülmektedir (Şekil-4.6). Ölçüm değerleri arasındaki değişim aralığının büyük olması, tolerans aralığının geniş hesaplanmasına neden olmuştur. Dolayısıyla değerler, genellikle kontrol limitleri arasında kalmıştır. Ancak, dönemsel etkiler, tolerans ve değişim aralıkları dikkate alındığında Nem karakteristiğinin de kontrol altında tutulamadığı gözlenmektedir.



Şekil 4.6. Nem oranı proses kontrol grafiği

Diğer proses karakteristiklerinin kontrol grafikleri de prosesin kontrol altında olmadığını göstermektedir (EK-1(a)). Proses karakteristiklerinin bu durumu doğal olarak nihai ürün karakteristiklerine yansımıştır. Nitekim, toplam hata oranı (THATA) değerleri ani iniş ve çıkışlar göstermiştir. Üst kontrol limitinin dışına taşan veya kontrol limitine yakın birçok değer bulunmaktadır (Şekil-4.7). Özellikle Ocak 2005’den itibaren hata oranlarında artış eğilimi gözlenmektedir. Benzer dağılım, boya ve kimyasal hata için de geçerlidir (Ek-1(b)).



Şekil 4.7. Toplam hata oranı p grafiği

4.4.2. Ayna İmalatının Proses Yeterliliği

Proses yeterlilik hesaplamalarından güvenilir sonuçlar elde edebilmek için verilerin dağılımına uygun hesaplama formüllerinin kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle verilerin normal dağılıp dağılmadığı Jarque-Bera testi aracılığıyla araştırılmıştır. E-Views 3.0 paket program tarafından kullanılan formüller ve üretilen sonuçlar Tablo-4.8’de verildiği gibidir.

Tablo 4.5. Veri setinin dağılım özellikleri ve kullanılan formüller

	Çarpıklık (Ç)	Basıklık (B)	Jarque-Bera Testi	
			(JB)	Olasılık (p)
HSC	0.056	1.837	9.949	0.007
NEM	0.755	3.017	16.635	0.000
SSU	0.603	4.121	19.773	0.000
MA	0.105	7.911	176.171	0.000
GDB	-0.157	4.391	14.830	0.001
KLY	0.435	7.633	162.056	0.000
AKT	2.691	10.163	585.315	0.000
BDB	-0.693	3.234	14.386	0.001
AMO	-0.880	2.819	22.808	0.000
HHZ	0.200	2.845	1.344	0.512
FRN1	-0.114	1.938	8.611	0.013
FRN2	0.144	3.354	1.517	0.468
FRN3	-0.713	3.804	19.520	0.000
ABY	2.254	12.631	824.573	0.000
SBY	0.335	2.387	6.010	0.050
Formüller		Karşılaştırma Kriteri		
$\hat{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\hat{\sigma}} \right)^3$		Ç=0 ise simetrik Ç>0 ise sağa çarpık Ç<0 ise sola çarpık		
$B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\hat{\sigma}} \right)^4$		B=3 ise normal B>3 ise normale göre sivri B<3 ise normale göre basık		
$JB = \frac{n-k}{6} \left(\hat{C}^2 + \frac{(B-3)^2}{4} \right)$		α=0.05 için p>0.95 ise veriler normal dağılmaktadır.		

Tablodan da görüldüğü üzere tüm olasılık değerleri 0.95'den küçüktür. Dolayısıyla veriler normal olarak dağılmamaktadır. Veri setinin dağılımına uygunluğu ve uygulamadaki kolaylığı nedeniyle yeterlilik hesaplamalarında, Chen ve Pearn yöntemi tercih edilmiştir. Vännman'ın yüzdelerik değerlerinden geliştirilen yöntem, ortalama yerine medyanı (M) kullanmaktadır. Yöntemin uygulama adımları ve formülasyonları aşağıdaki gibidir (Chen ve Pearn, 1997, s.358):

- i. R_1 , R_2 ve R_3 elemanları aşağıdaki formüller aracılığı ile bulunur. (R_i 'ler için en yakın tamsayı alınır.)

$$R_1 = \left\lceil \frac{99.865n + 0.135}{100} \right\rceil$$

$$R_2 = \left\lceil \frac{0.135n + 99.865}{100} \right\rceil$$

$$R_3 = \left\lceil \frac{n+1}{2} \right\rceil$$

ii. Veriler küçükten büyüğe sıralanarak, $R_1, (R_1+1), R_2, (R_2+1), R_3, (R_3+1)$ elemanlarına karşılık gelen veriler tespit edilir.

$$X_{(R_1)}, X_{(R_1+1)}$$

$$X_{(R_2)}, X_{(R_2+1)}$$

$$X_{(R_3)}, X_{(R_3+1)}$$

$$\text{iii. } \hat{F}_{99.865} = X_{(R_1)} + \left(\left[\frac{99.865n + 0.135}{100} \right] - R_1 \right) (X_{(R_1+1)} - X_{(R_1)})$$

$$\text{iv. } \hat{F}_{0.135} = X_{(R_2)} + \left(\left[\frac{0.135n + 99.865}{100} \right] - R_2 \right) (X_{(R_2+1)} - X_{(R_2)})$$

$$\text{v. } \hat{M} = X_{(R_3)} + \left(\left[\frac{n+1}{2} \right] - R_3 \right) (X_{(R_3+1)} - X_{(R_3)})$$

$$\text{vi. } C_p = \frac{\hat{ÜKL} - \hat{AKL}}{\hat{F}_{99.865} - \hat{F}_{0.135}}$$

$$\text{vii. } C_{pk} = \min \left\{ \frac{\hat{ÜKL} - \hat{M}}{\left[\frac{\hat{F}_{99.865} - \hat{F}_{0.135}}{2} \right]}, \frac{\hat{M} - \hat{AKL}}{\left[\frac{\hat{F}_{0.135} - \hat{F}_{99.865}}{2} \right]} \right\}$$

$$\text{viii. } C_{pm} = \frac{\hat{ÜKL} - \hat{AKL}}{6 \sqrt{\left[\frac{\hat{F}_{99.865} - \hat{F}_{0.135}}{6} \right]^2 + (\hat{M} - T)^2}}$$

$$\text{ix. } C_{pmk} = \min \left\{ \frac{\hat{ÜKL} - \hat{M}}{3 \sqrt{\left[\frac{\hat{F}_{99.865} - \hat{F}_{0.135}}{6} \right]^2 + (\hat{M} - T)^2}}, \frac{\hat{M} - \hat{AKL}}{3 \sqrt{\left[\frac{\hat{F}_{99.865} - \hat{F}_{0.135}}{6} \right]^2 + (\hat{M} - T)^2}} \right\}$$

Hesaplanan indeks değerlerinin yorumlanması normal dağılım durumunda hesaplanan indeksler ile aynıdır. Diğer bir ifadeyle minimum kabul sınırı “1” ve üzeri değerlerdir.

Proses karakteristiklerinin değişken yapısı proses yeterlilik hesaplamalarına da yansımıştır. Nitekim, yeterlilik için minimum kabul sınırı olan “1” değerini hiçbir

karakteristik sağlayamamaktadır (Tablo-4.9). FRN3, FRN2 ve SBY nispi olarak daha iyi durumdadır.

Yeterlilik hesaplamalarında kullanılan hedef değerler, Tablo-4.1’de verilen minimum ve maksimum teorik değerlerinin ortalamasıdır. HSC ve NEM için herhangi bir teorik değer bulunmadığından verilerin ortalaması kullanılmıştır. Tablo-4.6’den da görüleceği üzere proses, hedef değerleri karşılama konusunda da yetersizdir.

Tablo 4.6. Proses karakteristiklerinin kontrol limitleri ve proses yeterlilikleri

Değişken	Limit ve Hedef Değerler				σ	Medyan (M)	C_p	$C_{pk(min)}$	C_{pm}	$C_{pmk(min)}$
	ÜKL	OÇ	AKL	T						
HSC	28.36	23.99	19.61	23.99	6.523	24.00	0.357	0.356	0.357	0.356
NEM	65.94	37.65	9.37	37.65	17.698	34.75	0.698	0.626	0.682	0.612
AKT	3.01	2.65	2.29	2.00	0.743	2.50	0.178	0.104	0.143	0.083
KLY	11.39	10.21	9.03	9.50	0.874	10.00	0.374	0.308	0.338	0.278
ABY	31.38	26.73	22.07	30.00	3.605	25.75	0.354	0.280	0.254	0.201
SSU	33.91	31.34	28.77	30.00	1.903	31.00	0.422	0.366	0.379	0.328
HHZ	253.56	234.09	214.61	243.35	13.396	232.59	0.535	0.494	0.401	0.370
MA	8.19	6.64	5.08	5.00	0.889	6.75	0.452	0.419	0.248	0.229
GDB	10.61	9.63	8.65	9.50	0.479	9.63	0.658	0.655	0.638	0.635
AMO	7.33	6.42	5.52	6.00	0.985	6.75	0.483	0.310	0.309	0.198
BDB	4.83	4.07	3.30	3.75	0.955	4.38	0.321	0.191	0.252	0.150
FRN1	36.32	31.14	25.97	37.50	6.879	32.50	0.361	0.266	0.249	0.184
FRN2	82.59	72.42	62.25	77.50	5.048	72.25	0.701	0.689	0.475	0.467
SBY	38.83	34.32	29.81	37.50	2.868	34.00	0.718	0.667	0.369	0.342
FRN3	135.52	122.52	109.53	127.50	5.400	123.25	0.897	0.847	0.674	0.636

Hesaplamalara ilişkin detaylı Tablo EK-2(a)’da verilmiştir

4.5. Modelin Kurgulanması

Yapısal model, değişkenler arasındaki ilişkilerin yapısını ortaya koyan denklemler takımıdır. Yapısal denklemler içsel değişkenleri, başka içsel değişkenlerin, önceden belirlenmiş değişkenlerin ve bozucu (rassal) değişkenlerin fonksiyonları olarak ifade etmektedirler. Bir yapısal katsayı (parametre), her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki doğrudan etkisini göstermektedir. Dolaylı etkiler ise ancak yapısal denklem takımının çözülmesiyle bulunabilmektedir (Koutsoyiannis, 1992, s.338). Bu tür modeller, değişkenler arası eşanlı bağımlılığı gösterdiğinden “eşanlı denklemler takımı” olarak adlandırılmaktadır.

İlk denklemin sağıında yalnızca önceden belirlenmiş değişkenlerin, ikinci denklemin sağıında yalnızca önceden belirlenmiş değişkenler ve ilk içsel değişkenin yer aldığı ve diğer denklemlerde de bu sıralamanın korunduğu yapıdaki modeller, geri dönüşlü modeller olarak nitelendirilmektedir. Bu modellerin temel özelliği, denklemlerin sıradan en küçük kareler yöntemi kullanılarak ve eş anlđ denklemler sapmasından uzak olarak tahmin edilebilmesidir (Koutsoyiannis, 1992, s.342).

Ayna prosesinin yapısal modelini oluşturan denklemler takımı ve bağımlı-bağımsız değişken ilişkileri fabrika yöneticileri ile etkileşim sonucu belirlenmiştir. Kurgulanan model, dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenlerin aldığı değerlerden hareketle kademeli olarak proses karakteristiklerinin değerlerini tahmin etmekte ve sonuçta nihai ürün karakteristiklerinin tahmini değerlerine ulaşmaktadır. Bu özelliği ile geri dönüşlü modellerle benzerlik gösteren denklemler takımının katsayıları, regresyon analizi ile tahmin edilmiştir.

Modelleme çalışmasının başlangıç aşamasında proses karakteristiklerine ait veriler 0-1 arasında dağılacak şekilde standardize edilmişlerdir. Verileri standardize etmede aşağıdaki formül kullanılmıştır:

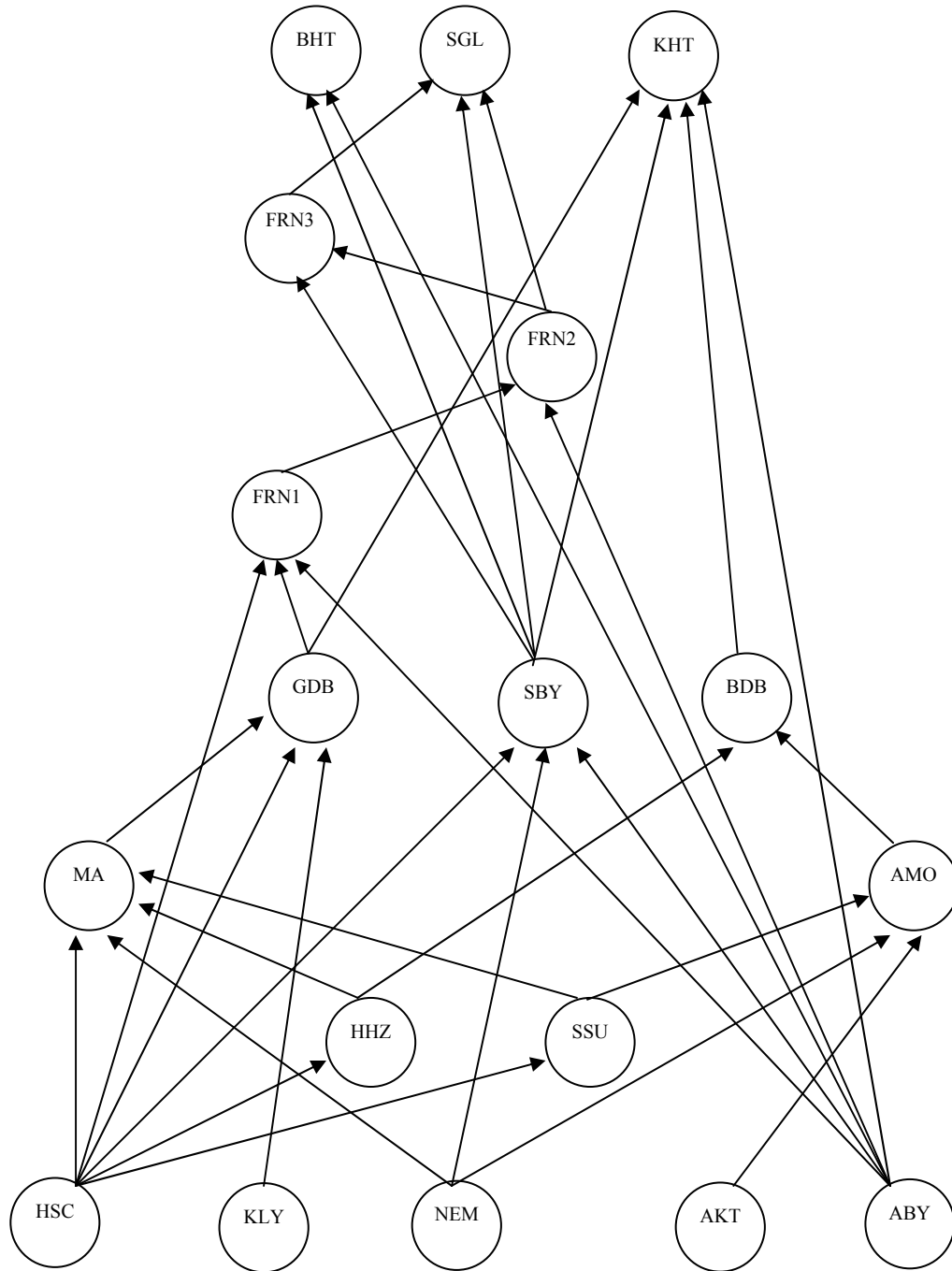
$$X_{si} = \frac{X_i - X_{EK}}{X_{EB} - X_{EK}}$$

Burada, X_{si} = Karakteristiğe ait i. verinin standardize edilmiş değerini, X_i =karakteristiğe ait i. veriyi, X_{EK} =karakteristiğe ait veri setinin en küçük değerini ve X_{EB} =karakteristiğe ait veri setinin en büyük değerini ifade etmektedir.

Doğrusal, logaritmik ve yarı logaritmik denklemler alternatifleri ve farklı kontrol değişkenlerinin seçilmesi durumunda oluşan alternatifler değerlendirilmiş; bu alternatifler arasından, içsel korelasyonu nispi olarak düşük, belirlilik katsayısı (R^2) ve t değerleri açısından yüksek değerlere sahip olan doğrusal denklemler takımı seçilmiştir. Dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenlerin seçiminde ise düşük R^2 ve t değerlerinin yanı sıra, değişkenler arasındaki ilişkiler dikkate alınmıştır.

Kurgulanan model onüç denklemden oluşmaktadır. Denklemlerin üçü nihai ürün karakteristiklerini, onu ise proses karakteristiklerini tanımlamaktadır. Denklemler takımında dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenlerle (HSC, NEM, KLY, AKT ve ABY)

birlikte toplam onsekiz değişken bulunmaktadır. Değişkenler arasındaki bağımlılık ilişkileri Şekil-4.8’de verildiği gibidir.



Şekil 4.8. Ayna prosesi yapısal modelinin ilişkiler ağı

Hava sıcaklığı (HSC) ve NEM dışsal değişkenlerdir. HSC, hat hızını (HHZ), gümüş debiyi (GDB), MA280’ni (MA), son kat boya viskozitesini (SBY), birinci fırından çıkan camın yüzey sıcaklığını (FRN1) ve saf su sıcaklığını (SSU) doğrudan etkileyen bir değişkendir. Örneğin HSC artıkça, hat hızlandırılmaktadır. Benzer Şekilde, HSC’deki artış,

boyayı inceltmede kullanılan çözücü (tiner) buharlaştırdığından viskoziteyi artırmaktadır. NEM dışsal değişkeninin ise kimyasallar ve viskozite üzerinde etkileri olmaktadır. Örneğin, Nem arttıkça boyanın cama yapışması zorlaştığından viskozite artırılmaktadır.

MA280 ve kalay (KLY), gümüş debiyi; aktivatör (AKT), amonyağı (AMO); amonyak ise bakır debiyi (BDB) etkilemektedir. Yıkama işlemi yoğunlukla kimyasalların kaplandığı aşamada yapıldığından saf su sıcaklığı önemlidir. Hat hızına ait verilerde bu aşamaya aittir. Kurutma, boyama gibi aşamalarda hat hızı farklılaşmaktadır. Ancak, fabrika bunlara ilişkin herhangi bir veri kaydı tutmamaktadır.

Fabrikada birinci fırın, hava sıcaklığından yoğun olarak etkilenmektedir. Dolayısıyla birinci fırından çıkan camın yüzey sıcaklığını, hava sıcaklığı, cam yüzeyine kaplanan gümüş debi miktarı ve astar boya viskozitesi (ABY) belirlemektedir. Birinci, ikinci ve üçüncü fırınlardan çıkan camın yüzey sıcaklıkları (FRN1-FRN2-FRN3) ardışık olarak birbirlerinden ve ara aşamalarda cam üzerine sürülen boyalardan etkilenmektedir.

Astar boyayı ve aynayı koruma amaçlı sürülen son kat boyanın viskozitesi, astar boya viskozitesinin, hava sıcaklığının ve nemin etkisi altındadır.

Nihai ürün karakteristiklerinden boya hata, astar ve son kat boya viskozitelerinden kaynaklanmaktadır. Boya viskoziteleri aynı zamanda kimyasal hata üzerinde de etkilidir. Kimyasal hatanın diğer kaynakları ise doğal olarak gümüş ve bakır kimyasallarıdır.

Ayna prosesinde gümüş debisi, boya viskoziteleri iyi ayarlanan ve fırınlarda uygun derecelerde ısıtılan ürünler, sağlam ürünün oluşmasında önemli etkenlerdir. Nitekim yapılan nihai ürün kontrolleri de bu karakteristiklere ilişkin hataların olup olmadığının tespitine yöneliktir. Gümüş debisi ve astar boyanın sağlam oranına (SGL) etkisi FRN1 – FRN2 aracılığıyla dolaylı olarak yansımaktadır. Sağlam oranını doğrudan etkileyen değişkenler ise ikinci ve üçüncü fırınlardan çıkan camın yüzey sıcaklıkları (FRN2-FRN3) ile son kat boya viskozitesidir. Üçüncü fırında camın fazla ısıtılması durumunda, kırılmalar olduğundan FRN3'ün etkisi negatif yönlüdür.

Ayna prosesinin yapısal modelini oluşturan denklemler takımının katsayı tahminleri ve istatistik test sonuçları Tablo-4.7'de verildiği gibidir. R^2 , bağımsız değişkenlerin bağımlı

değişkenin davranışını açıklamadaki gücünü göstermektedir. Denklemdaki bağımsız değişken sayısı arttıkça serbestlik derecesinden kaynaklanan kayıpları dengelemek amacıyla “Düzeltilmiş R²” kullanılmaktadır (Newbold, 2000, s.552). Tablodaki değerler düzeltilmiş R²’lerdir.

Öngörü amaçlı kullanılacak modellerde R²’nin alacağı değer önemlidir. Yapısal çözümlenmelerde ise R²’nin yanı sıra parametrelerin anlamlılığını test eden t-değerleri de önem kazanmaktadır. %5 anlamlılık düzeyinde 8’den büyük serbestlik dereceleri için t’nin eşik değeri yaklaşık olarak 2 ve üzeri değerlerdir (Koutsoyiannis, 1992, s.126). Tabloda bazı denklemlerin R²’leri düşük olmakla birlikte, parametrelere ilişkin t-değerlerinin yüksek olması yapısal ilişkiyi göstermek açısından anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4.7. Modeldeki denklemler takımının regresyon sonuçları ve istatistik testleri

Denklemler	R ²	Sign
SSU= 0.291 + 0.333HSC t (15.899) (9.859) Sign 0.000 0.000	0.360	0.000
HHZ= 0.194 + 0.475HSC t (10.482) (13.894) Sign 0.000 0.000	0.527	0.000
MA= 0.517 + 0.187HHZ - 0.148HSC - 0.157NEM - 0.187SSU t (13.298) (2.717) (-2.702) (-3.415) (-2.682) Sign 0.000 0.007 0.008 0.001 0.008	0.138	0.000
GDB= 0.202 + 0.201HSC + 0.288MA + 0.424KLY t (3.558) (4.772) (3.009) (4.780) Sign 0.000 0.000 0.003 0.000	0.206	0.000
AMO= 0.921 - 0.926SSU + 0.438AKT + 0.204NEM t (14.125) (-8.730) (5.597) (2.844) Sign 0.000 0.000 0.000 0.005	0.484	0.000
BDB= 0.142 + 0.550AMO - 0.200HHZ t (4.016) (16.998) (-4.060) Sign 0.000 0.000 0.000	0.704	0.000
FRN1= 0.072 + 0.845HSC - 0.103GDB + 0.090ABY t (3.261) (38.032) (-2.809) (2.051) Sign 0.001 0.000 0.006 0.046	0.898	0.000
FRN2= 0.323 + 0.406FRN1 - 0.163ABY t (12.197) (8.999) (-2.009) Sign 0.000 0.000 0.046	0.328	0.000

Denklemler	R ²	Sign
SBY= 0.120 + 0.187HSC + 0.249NEM + 0.663ABY t (1.815) (2.578) (2.798) (5.405) Sign 0.071 0.011 0.006 0.000	0.170	0.000
FRN3= 0.374 + 0.656FRN2 - 0.108SBY t (9.311) (10.013) (-2.215) Sign 0.000 0.000 0.028	0.393	0.000
BHT= 0.026 + 0.019ABY - 0.031SBY t (10.093) (2.039) (-5.683) Sign 0.000 0.043 0.000	0.158	0.000
KHT= 0.017 + 0.025GDB - 0.027BDB + 0.062ABY - 0.025SBY t (2.172) (2.007) (-2.472) (3.790) (-2.625) Sign 0.031 0.046 0.014 0.000 0.009	0.122	0.000
SGL= 0.899 + 0.092FRN2 - 0.087FRN3 + 0.055SBY t (44.912) (2.740) (-2.820) (2.738) Sign 0.000 0.007 0.005 0.007	0.102	0.000

4.6. Modelin Çalıştırılması ve Sonuçların Karşılaştırılması

Modelin çalıştırılması ile proses karakteristiklerinin alacağı tahmini değerlerden hareketle her bir karakteristik için yeni tolerans aralıkları belirlenecektir. Prosesin bu toleranslarla çalıştırılması durumunda nihai ürün karakteristiklerinin alacağı değerler, nihai ürün kalite performansını ortaya koyacaktır. Benzer şekilde, proses karakteristiklerinin aldığı tahmini değerlerde karakteristiklerin proses içi performansını belirleyecektir.

Model, Microsoft Excel'de yazılan makrolar (EK-3) aracılığıyla iki farklı senaryoya göre simüle edilmiştir. Bu senaryolarda öncelikle, dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenlerin alacağı değerler için aralık limitleri ve adım büyüklükleri tespit edilmiştir. Adım büyüklükleri, her bir aralığa en az bir gözlem değeri gelecek şekilde belirlenmiştir. Aralık limitleri ise adım büyüklükleri dikkate alınarak mevcut sistem verilerinin minimum ve maksimum değerlerine en yakın tamsayılardır (Tablo-4.8).

Tablo 4.8. Dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenler için aralık limitleri, adım büyüklükleri

Değişken	Mevcut Sistem Verileri		Belirlenen Aralık Limitleri ve Adım Büyüklükleri		
	Min.	Maks.	Alt sınır	Üst Sınır	Adım B.
HSC	12.25	37.00	10.00	40.00	5.00
NEM	9.50	91.75	9.00	99.00	10.00
AKT	2.00	6.00	2.00	7.00	2.00
KLY	8.00	15.00	8.00	16.00	2.00
ABY	21.50	49.50	20.00	50.00	5.00

Birinci senaryoda, dışsal ve önceden belirlenmiş değişken değerlerindeki her bir artış için model çalıştırılarak proses ve nihai ürün karakteristikleri tahmin edilmiştir. Artışlar, adım büyüklükleri bazında alt sınırdan başlayarak sistematik bir şekilde gerçekleştirildiğinden senaryo, “sistematik simülasyon” olarak adlandırılmıştır. Örneğin, HSC 40.00, NEM 9.00, AKT 2.00, KLY 8.00, **ABY 20.00** iken tahmin edilen karakteristikler, bir sonraki aşamada HSC 40.00, NEM 9.00, AKT 2.00, KLY 8.00, **ABY 25.00** değerleri için tahmin edilmiştir. Tablo-4.8’de verilen kısıtlar (aralık limitleri ve adım büyüklükleri) dahilindeki tüm kombinasyonları değerlendirmek için model, 7,350 kez çalıştırılmıştır.

İkinci senaryoda, Tablo-4.8’deki aralık limitleri itibariyle mevcut sistem verilerinin olasılık değerleri hesaplanmış (EK-4) ve bilgisayar tarafından üretilen tesadüfi sayılar aracılığıyla model stokastik olarak simüle edilmiştir. Tesadüfi sayılar, dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenlerin her biri için eşanlı olarak üretilmektedir. Sayıların karşılık geldiği aralık limitleri ortalaması, modelin girdi verilerini oluşturmaktadır. Model, bu senaryo dahilinde bir çok kez çalıştırılarak, en iyi sonucu veren çözüm kompozisyonuna ulaşılmaya çalışılmıştır.

Sistematik simülasyon, nihai ürün karakteristikleri itibariyle sağlam ve boya hata oranlarında iyi sonuçlar üretirken, kimyasal hata oranı kötüleşmiştir. Stokastik simülasyon ise ortalamalar bazında mevcut sistem değerlerine yakın değerler üretmiştir (Tablo-4.9).

Tablo 4.9. Birinci aşama simülasyon sonuçları ve mevcut durum

Değişken	Mevcut Durum		Sistemik Simülasyon Sonuçları		Stokastik Simülasyon Sonuçları	
	Ortalama	σ	Ortalama	σ	Ortalama	σ
HSC	23.99	6.523	25.00	10.001	24.62	0.578
NEM	37.65	17.698	54.00	28.725	39.40	1.652
AKT	2.65	0.743	4.00	1.633	3.24	0.088
KLY	10.21	0.874	12.00	2.829	10.58	0.129
ABY	26.73	3.605	35.00	10.001	27.20	0.416
FRN1	31.14	6.879	32.64	10.012	31.76	0.568
SSU	31.34	1.903	31.51	1.749	31.45	0.101
MA	6.63	0.889	6.35	0.570	6.58	0.035
HHZ	234.09	13.396	235.55	14.896	234.99	0.861
SBY	34.32	2.868	37.55	3.358	34.60	0.143
AMO	6.42	0.985	7.08	0.860	6.65	0.039
FRN2	72.42	5.048	71.59	4.335	72.60	0.262
GDB	9.63	0.479	9.95	0.554	9.70	0.024
BDB	4.06	0.955	4.53	0.752	4.22	0.035
FRN3	122.52	5.400	121.18	2.905	122.56	0.172
SGL	0.909	0.061	0.925	0.018	0.911	0.001
KHT	0.021	0.027	0.033	0.018	0.021	0.001
BHT	0.017	0.016	0.014	0.004	0.016	0.000

Birinci aşama simülasyon sonuçları içerisinde yüksek sağlam oranı, düşük kimyasal ve boya hata oranı üreten proses karakteristiği kombinasyonları seçilerek sistemik simülasyon uygulamasına devam edilmiştir. Bu aşamada, dışsal ve önceden belirlenmiş değişken değerlerinin tolerans aralıkları değiştirilerek nihai ürün karakteristiklerinin üçünü birden iyileştiren çözüm kompozisyonu araştırılmıştır. Daha dar toleranslarla uygulanan simülasyon sonucunda Tablo-4.10'da verilen çözüm değerlerine ulaşılmıştır.

Her bir karakteristik için modelin ürettiği sonuçlarla fiili değerler arasında anlamlı bir farklılaşma olup olmadığı T-testi aracılığıyla analiz edilmiştir. Modelin ürettiği sonuçların tüm karakteristikler için anlamlı bir şekilde farklılaştığı bulgusuna ulaşılmıştır (EK-5).

Prosesin, proses karakteristikleri için belirlenen yeni tolerans aralıkları ile çalıştırılması durumunda sağlam oranında %1.65, kimyasal hata oranında %14.29, boya hata oranında ise %29.41'lik bir performans artışı sağlanabilecektir.

Model, tüm proses karakteristikleri için daha dar tolerans aralıkları belirlemiştir. HSC, AKT, KLY, SSU ve FRN1 için belirlenen yeni kontrol limitleri, mevcut kontrol

limitlerinin dışında yeni değerler almıştır. Diğer karakteristikler için belirlenen kontrol limitleri ise mevcut durumdaki limitleri alttan ve/veya üstten daraltan bir yapıdadır.

Tablo 4.10. Model sonuçları ve yeni tolerans aralıkları

Değişken	Prosesle İlişkin Değerler							
	Mevcut Durum				Modelin Ürettiği Değerler			
	OÇ	ÜKL	AKL	σ	OÇ	ÜKL*	AKL*	σ
HSC	23.99	28.36	19.61	6.523	32.00	33.78	30.22	0.592
NEM	37.65	65.94	9.37	17.698	45.00	49.24	40.76	1.414
AKT	2.65	3.01	2.29	0.743	4.60	4.84	4.36	0.082
KLY	10.21	11.39	9.03	0.874	6.60	6.84	6.36	0.082
ABY	26.73	31.38	22.07	3.605	30.00	32.12	27.88	0.707
SSU	31.34	33.91	28.77	1.903	32.74	33.05	32.43	0.103
MA	6.63	8.19	5.08	0.889	6.22	6.31	6.13	0.031
HHZ	234.09	253.56	214.61	13.396	245.97	248.62	243.33	0.881
GDB	9.63	10.61	8.65	0.479	9.12	9.18	9.06	0.019
BDB	4.06	4.83	3.30	0.955	4.28	4.40	4.15	0.041
AMO	6.42	7.33	5.52	0.985	6.92	7.05	6.78	0.045
FRN1	31.14	36.32	25.97	6.879	40.12	41.90	38.34	0.593
FRN2	72.42	82.59	62.25	5.048	75.55	76.34	74.76	0.262
FRN3	122.52	135.52	109.53	5.400	124.01	124.56	123.46	0.183
SBY	34.32	38.83	29.81	2.868	36.37	37.05	35.69	0.228
SGL	0.909			0.061	0.924			0.001
KHT	0.021			0.027	0.018			0.001
BHT	0.017			0.016	0.012			0.000

* : $\bar{X} \pm 3\sigma$

HSC, proses performansını etkileyen önemli karakteristiklerden birisidir. Zira, prosesin diğer karakteristikleri üzerinde doğrudan veya dolaylı etkileri vardır. Proseste yüksek hava sıcaklığı tercih edilen bir durumdur. Modelin ürettiği sonuçlarda HSC'nin kontrol limitleri yükselmiştir. Bu durum SSU ve FRN1 karakteristiklerinin kontrol limitlerine de yansımıştır. HSC'nin doğrudan etkilediği diğer bir karakteristik HHZ'dir. HHZ için belirlenen kontrol limitleri mevcut durum ortalamasının üstündedir. HHZ'nin bu aralıklarda tutulması beraberinde kapasite artışını da sağlayacaktır.

Model, fiili duruma göre AKT kullanımının artırılması, KLY kullanımının ise azaltılması yönünde bir sonuç üretmiştir. Bu durum, denklemler sistemindeki ilişkilerin yönüyle açıklanabilir. AKT'nin fazla kullanılması dolaylı olarak kimyasal hatayı azaltmaktadır. Benzer şekilde fazla KLY kullanımı dolaylı olarak kimyasal hatayı artırırken, sağlam oranını azaltmaktadır.

Model, prosesin potansiyel yeterliliği (C_p), proses performans indeksi (C_{pk}) ve belirlenmiş yeni hedef değerlere göre C_{pm} ve C_{pmk} indeksleri açısından tatmin edici sonuçlar üretmiştir. Zira, tüm karakteristikler, minimum kabul sınırı olan 1'in üzerinde değer almıştır (Tablo-4.11).

Tablo 4.11. Proses karakteristiklerinin kontrol limitleri ve proses yeterlilikleri

Değişken	Mevcut Durum					Modelin Ürettiği Sonuçlar*				
	T ^a	C _p	C _{pk(min)}	C _{pm}	C _{pmk(min)}	T ^a	C _p	C _{pk(min)}	C _{pm}	C _{pmk(min)}
HSC	23.99	0.357	0.356	0.357	0.356	32.00	1.775	1.775	1.775	1.775
NEM	37.65	0.698	0.626	0.682	0.612	45.00	2.122	2.122	2.122	2.122
AKT	2.00	0.178	0.104	0.143	0.083	4.60	2.450	2.450	2.450	2.450
KLY	9.50	0.374	0.308	0.338	0.278	6.60	2.450	2.450	2.450	2.450
ABY	30.00	0.354	0.280	0.254	0.201	30.00	2.122	2.122	2.122	2.122
FRN1	37.50	0.361	0.266	0.249	0.184	40.12	1.608	1.608	1.608	1.608
SSU	30.00	0.422	0.366	0.379	0.328	32.74	1.775	1.775	1.775	1.775
MA	5.00	0.452	0.419	0.248	0.229	6.22	1.363	1.363	1.363	1.363
HHZ	243.35	0.535	0.494	0.401	0.370	245.97	1.775	1.775	1.775	1.775
SBY	37.50	0.718	0.667	0.369	0.342	36.37	1.451	1.451	1.451	1.451
AMO	6.00	0.483	0.310	0.309	0.198	6.92	1.280	1.280	1.280	1.280
FRN2	77.50	0.701	0.689	0.475	0.467	75.55	1.418	1.415	1.418	1.415
GDB	9.50	0.658	0.655	0.638	0.635	9.12	1.382	1.382	1.382	1.382
BDB	3.75	0.321	0.191	0.252	0.150	4.28	1.272	1.272	1.272	1.272
FRN3	127.50	0.897	0.847	0.674	0.636	124.01	1.328	1.325	1.328	1.325

^a : Hedef Değer
* : Hesaplamalara ilişkin detaylı Tablo EK-2(b)'de verilmiştir

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Fabrikasyon ve montaj endüstrileri, genel olarak, parti ve yığın imalat türleri ile müşteriye yönelik ürünler üretme eğiliminde iken, proses endüstrisi genellikle, akış tipi imalat ile doğrudan stoğa yönelik ürünler üretme eğilimindedir. Dolayısıyla proses endüstrisi, stratejik karar kriterleri, talep yapısı, imalat yapısı ve kontrolü, kuruluş yeri seçimi, fabrika içi yerleşim, kapasite planlaması gibi birçok yapısal, fonksiyonel ve operasyonel özellik itibarıyla diğer imalat endüstrilerinden farklılaşan bir yapıya sahiptir. Proses endüstrisinde imalat prosesinin performansı, amaç ve hedeflerin gerçekleştirebilmesi, kalite gerekliliklerinin karşılanabilmesi açısından önemlilik arz etmektedir. Bu nedenle, proses endüstrisinde genellikle rijit bir proses kontrol uygulanmaktadır. Buradaki temel amaç, proses karakteristiklerindeki değişkenliği belirli sınırlar içerisinde tutarak hedeflenen performans oranlarına ulaşabilmektir.

Bu çalışmanın odak noktası, yukarıda kısaca özetlenen yaklaşımın bir uygulamasıdır. Burada, proses endüstrisinde faaliyet gösteren bir fabrikanın ayna imalat prosesinin performansını ölçmek ve iyileştirmek amacıyla bir modelleme yaklaşımı gerçekleştirilmiştir. Bu amaca dönük olarak öncelikle prosesin yapısal modeli oluşturulmuştur. Ayna imalatı, bir akış hattı üzerinde hammaddeden ürüne doğru minimum kesintilerle gerçekleştirilen bir süreçtir. Prosesteki karakteristiklerinin proses performansı ve birbirleri üzerinde doğrudan veya dolaylı etkileri bulunmaktadır. Bu etkileşimleri ve yapısal ilişkileri yansıtabilmek için model, eşanlı denklemler takımı olarak kurgulanmıştır.

Modelde dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenlerle birlikte onsekiz değişken ve onüç denklem bulunmaktadır. Denklemlerin üçü nihai ürün karakteristiklerini, onu ise proses karakteristiklerini tanımlamaktadır. Modeldeki tüm denklemler doğrusal fonksiyonludur. Denklemlerin katsayılarını, eşanlı denklem sapmasından uzak olarak tahmin edilmek amacıyla sıradan en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Modeldeki bazı denklemlerin belirlilik katsayıları düşük olmakla birlikte, katsayıların anlamlılığını test eden t değerlerinin yüksek olması, yapısal ilişkiyi göstermek açısından anlamlı bulunmuştur.

Dışsal değişkenleri, hava sıcaklığı (HSC) ve nem; önceden belirlenmiş değişkenleri ise aktivatör (AKT), kalay (KLY) ve astar boya viskozitesi (ABY) oluşturmaktadır. Model, bu değişkenlerin almış olduğu değerlere göre kademeli olarak proses karakteristiklerinin değerlerini tahmin etmekte ve sonuçta nihai ürün karakteristiklerinin tahmini değerlerine

ulaşmaktadır. Bu tahmini değerler, aynı zamanda karakteristiklerin performansını tanımlamaktadır.

Modelin çalıştırılması iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, sistematik ve stokastik simülasyon olmak üzere iki farklı senaryo kullanılmıştır. Bu aşamada öncelikle, dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenler için alt ve üst limitler ile adım büyüklükleri ve bu adımsal artışlara karşılık gelen olasılıklar belirlenmiştir. Model, sistematik simülasyon uygulamasında alt limitten başlayarak, adım büyüklükleri bazında sabit artışlarla tahmini değerler üretmiştir. Stokastik simülasyon uygulamasında ise bilgisayar tarafından üretilen tesadüfi sayıların karşılık geldiği olasılık değerlerinden hareketle karakteristiklerin değerleri tahmin edilmiştir.

İkinci aşamada, bu uygulamaların sonuçları değerlendirilerek nihai ürün karakteristiklerinin her birinin performansını iyileştiren dışsal ve önceden belirlenmiş değişken değerleri tespit edilmiştir. Belirlenen bu değerlerle sistematik simülasyon uygulamasına devam edilmiş ve nihai ürün karakteristiklerinin üçünü birden iyileştiren aralıklar belirlenmiştir. Burada iyileştirmeden kasıt, nihai ürün karakteristikleri için modelin ürettiği sonuçlar ortalamasının, mevcut durum ortalamalarına göre daha iyi değerler aldığı durumdur. Dışsal ve önceden belirlenmiş değişkenler için belirlenen bu aralıklar ile model çalıştırılarak proses ve nihai ürün karakteristiklerinin performans değerleri tahmin edilmiştir. Proses karakteristiklerinin yeni tolerans aralıkları ise üretilen bu tahmini değerler üzerinden $\pm 3\sigma$ formülü ile hesaplanmıştır.

Belirlenen yeni tolerans aralıkları, mevcut duruma göre tüm karakteristikler için daha dardır. Ayrıca hesaplanan kontrol limitleri bazı karakteristikler için mevcut kontrol limitlerinin dışında yeni değerler almıştır. Hava sıcaklığı (HSC), saf su sıcaklığı (SSU), birinci fırından çıkan camın yüzey sıcaklığı (FRN1) ve aktivatör (AKT)'ün kontrol limitleri yükselirken, kalay'ın (KLY) azalmıştır. Diğer karakteristikler için hesaplanan kontrol limitleri ise mevcut durumdaki limitleri alttan ve/veya üstten daraltan bir niteliktedir.

Hava sıcaklığı, prosesin performansı ve diğer karakteristikleri üzerindeki doğrudan veya dolaylı etkileri nedeniyle en önemli karakteristiklerdendir. Uygulamada, prosesin performansını artırdığı için yüksek hava sıcaklıkları tercih edilmektedir. Hava sıcaklığına bağlı olarak ısı farkından kaynaklanabilecek kırılmaları önlemek için saf su sıcaklığı (SSU)

artırılmaktadır. Benzer şekilde, kimyasallar kurutulduktan sonra ölçülen birinci fırın cam yüzey sıcaklığı (FRN1) da hava sıcaklığından etkilenmektedir. Modelin ürettiği sonuçlarda bu yöndedir. Diğer bir ifadeyle, proses performansını artırmak için ortamdaki hava sıcaklığı ve buna bağlı olarak SSU ve FRN1 artırılmalıdır. Hava sıcaklığının doğrudan etkilediği diğer bir karakteristik olan hat hızı (HHZ) da buna paralel olarak artırılabilir.

Önceden belirlenmiş değişkenlerden olan aktivatörün (AKT), kimyasal hata; kalayın (KLY) ise kimyasal hata ve sağlam oranı üzerinde dolaylı etkileri vardır. AKT kullanımının artırılması kimyasal hatayı azaltmaktadır. Buna karşılık KLY kullanımının artırılması kimyasal hatayı artırırken, sağlam oranını azaltmaktadır. Dolayısıyla, AKT artırılmalı, KLY ise azaltılmalıdır.

Dışsal ve önceden belirlenmiş diğer değişkenler ise sırasıyla nem ve astar boya viskozitesi (ABY)'dir. Nem, mevcut durumda prosesin en geniş tolerans aralığına sahip karakteristiğidir. Bu durum, model için de geçerlidir. Modeldeki ilişkiler dikkate alındığında nihai ürün karakteristiklerinin performansı açısından yüksek nem oranları tercih edilmektedir. Ancak, nemin diğer karakteristikler üzerindeki etkisi belirli tolerans aralığı içerisinde tutulmasını gerektirmektedir. ABY'nin ise kimyasal hata, boya hata ve sağlam oranı üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak iki yönlü etkisi vardır. Bu nedenle, ABY daha dar toleranslarla ayarlanmalıdır.

Yukarıda bahsedilen karakteristiklerin doğrudan veya dolaylı olarak etkilediği diğer proses karakteristiklerinin tolerans aralıkları da doğal olarak daralmıştır. Ancak bu daralmalar, daha öncede belirtildiği gibi mevcut durumdaki kontrol limitleri içerisinde gerçekleşmiştir.

Ayna imalat prosesinin belirlenen bu yeni tolerans aralıkları ile çalışması durumunda nihai ürün karakteristiklerinin performansında iyileşmeler sağlanabilecektir. Nitekim modelin ürettiği sonuçlar itibariyle sağlam oranında % 1.65, kimyasal hata oranında % 14.29, boya hata oranında ise % 29.41'lik bir performans artışı gözlenmiştir. Böylece, günlük ortalama 413.88 adet olan sağlam ürün miktarı, 420.71 adete yükseltilebilecektir. Benzer şekilde, ortalama 9.52 adet olan kimyasal hata miktarı 8.16, ortalama 7.57 adet olan boya hata miktarı ise 5.24 adete düşürülebilir. Ayrıca, hat hızındaki artışa bağlı olarak günlük ortalama % 5.08'lik bir kapasite artışı sağlanabilecektir.

Modelin ürettiği yeni hedef değerler ve sonuçlar üzerinden yapılan proses yeterlilik hesaplamalarında veriler normal dağılmadığı için Chen ve Pearn yöntemi kullanılmıştır. Hesaplanan yeterlilik indeksleri tüm karakteristikler için kabul sınırı olan 1'in üzerinde değerler almıştır. Dolayısıyla model, yeterlilik açısından da tatmin edici sonuçlar üretmiştir.

Çalışmada önerilen yeni tolerans aralıklarının uygulanabilirliği iki açıdan değerlendirilebilir. Bunlardan birincisi, prosesin mevcut durumu ve özellikleri bakımından uygulanabilirliktir. İkincisi ise karar vericilerin önerilen yeni tolerans aralıklarını uygulanabilir bulup bulmadıklarıdır.

Mevcut durumda fabrikanın etkin bir proses kontrol uyguladığını ifade etmek güçtür. Zira, proses karakteristiklerindeki değişkenlik çok yüksektir ve genellikle belirlenmiş hedef değerlerden sapan bir proses işleyişi hakimdir. Özellikle proses performansı üzerinde önemli etkileri olan hava sıcaklığı ve nem karakteristikleri ani iniş ve çıkışlar göstermektedir. Ayrıca bu karakteristikler dönemsel dalgalanmaların etkisi altındadır. Prosesteki birçok karakteristik uygulamada hava sıcaklığı ve nem karakteristiklerine bağlı olarak belirlenmektedir. Bu etkileşim nedeniyle diğer karakteristiklerde genellikle ani iniş çıkışlar göstermektedir. Dolayısıyla, karakteristikler için belirlenen hedef değerler ile proses içerisinde uygulananlar çok farklıdır. Bu durumun temel nedeni, fabrika izolasyonunun yetersizliğidir. Prosesin bu özelliği hesaplanan proses yeterlilik indekslerine de yansımıştır. Nitekim, proses potansiyel indeksi (C_p), proses performans indeksi (C_{pk}) ve hedef değerlere göre prosesin yeterliliğini gösteren indekslerin (C_{pm} , C_{pmk}) hiçbiri proses karakteristikleri için kabul edilebilir bir düzeyde değildir.

Önerilen yeni tolerans aralıkları, mevcut duruma göre daha dardır ve daha etkin bir proses kontrol gerektirmektedir. Bunu sağlayabilmek için öncelikle fabrika izolasyonu iyileştirilmesi sağlanmalıdır. Bu, fabrika için maliyet demektir. Nitekim, sorunun farkında olan fabrika yöneticileri, yeni bir fabrika inşa etmeye ve ayna imalat prosesini buraya taşımaya karar vermişlerdir. Dolayısıyla, proses çalışmada önerilen yeni tolerans aralıklarını uygulayabilme özelliğine kavuşacaktır.

Karar vericiler, yeni tolerans aralıklarının ve hedef değerlerin çoğunluğunu uygulanabilir bulmuşlardır. Sadece aktivatör ve kalay için önerilen aralıklara ilişkin kararın, ancak deneme üretimlerinden sonra verilebileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada uygulanan modelleme yaklaşımı ile proses endüstrisinde imalat performansını ölçme ve iyileştirmeye yönelik olarak ne tür algoritmik adımların izlenebileceği gösterilmiştir. Proses endüstrisinin yapısal özelliği, bu algoritmik adımların farklı bir imalat prosesine de uygulanmasına olanak tanımaktadır. Dolayısıyla buradaki yaklaşım, fabrikadaki diğer imalat prosesleri üzerinde de uygulanarak tüm fabrikanın imalat performansını ölçme ve iyileştirmeye dönük bir modelleme yaklaşımına dönüştürülebilir.

Ayrıca modele, finansal boyutun dahil edilmesiyle performansın, finansal ve finansal olmayan boyutlar itibariyle ölçülmesi ve iyileştirilmesi yönünde bir yaklaşım geliştirilebilir. Örneğin, hesaplanan kapasite artış oranı, sağlam ürün miktarındaki artış ve hata oranlarındaki azalışlar fabrika için gelir artışı sağlayacaktır. Bununla birlikte, yeni tolerans aralıklarına göre belirlenen kimyasal ve boya kullanım miktarları ile diğer maliyet kalemlerindeki değişim, maliyetlerde artış ve/veya azalışlara neden olacaktır. Dolayısıyla, bu iki durumu birlikte ele alan bir yaklaşımla, imalat prosesinin performansındaki değişimi finansal açıdan da ölçmek mümkündür.

KAYNAKÇA

- Abernethy M. A., Horne M., Lillis A. M., Malina M. A., Selto F. H., “A Multi-method Approach to Building Causal Performance Maps From Expert Knowledge”, *Management Accounting Research*, 16, (2005), 135-155.
- Acar N., *Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları*, MPM Yayınları No:280, Ankara, 1998.
- Agus, A. “The Structural Linkages between TQM, Product Quality Performance, and Business Performance: Preliminary Empirical Study in Electronics Companies”, *Singapore Management Review*, 27/1, (2005), 87-105.
- Ahmad M., Dhafr N., “Establishing and Improving Manufacturing Performance Measures”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18, (2002), 171-176.
- Ahmad M., Dhafr N., Benson R., Burgess B., “Model for Establishing Theoretical Targets at the Shop Floor Level in Specialty Chemicals Manufacturing Organizations”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 21, (2005), 391-400.
- Akal Z., *İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi Çok Yönlü Performans Göstergeleri*, MPM Yayınları No:473, Ankara, 1998.
- Ali M., Wadhwa S., “Performance Analysis of Partial Flexible Manufacturing Systems”, *Global Journal of Flexible Systems Management*”, Vol.6, No.1, (2005), 9-19.
- Altıok T., *Performance Analysis of Manufacturing Systems*, Springer-Verlag New York Inc., USA, 1997.
- Amaratunga D., Baldry D., “Moving from Performance Measurement to Performance Management”, *Facilities*, Vol.20, No.5/6, (2002(a)), 217-223.
- Amaratunga D., Baldry D., “Performance Measurement in Facilities Management and its Relationships with Management Theory and Motivation”, *Facilities*, Vol.20, No.10, (2002(b)), 327-336.
- Aries J. A., Banerjee S., Brittan M. S., Dillon E., Kowalik J. S., Lixvar J., “Capacity and Performance Analysis of Distributed Enterprise Systems”, *Communications of The ACM*, Vol.45, No.6, 100-105.
- Artiba A., Riane F., “An Application of A Planning and Scheduling Multi-Model Approach in The Chemical Industry”, *Computers in Industry*, 36, (1998), 209-229.
- Ashayeri J., Teelen A., Selen W., “Computer-Integrated Manufacturing in The Chemical Industry”, *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, Vol.37, No.1, (1996), 52-57.

- Babicz G., "ISO Changes Its Quality Approach", *Quality Management*, June (2000), 56-58.
- Barker B., "Value-Adding Performance Measurement: A Time-Based Approach", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.13, Iss.5, 33- (8 pgs).
- Barutçugil İ. S., *Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri*, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 1983.
- Beer M., Ruh R. A., "Employee Growth Through Performance Management", *Harvard Business Review*, July-August (1957), 59-66.
- Beer M., Ruh R., Dawson J. A., McCaa B. B., Kavanagh M. J., "A Performance Management System: Research, Design, Introduction and Evaluation", *Personel Psychology*, 31, (1978), 505-535.
- Berry W. L., Cooper M. C., "Manufacturing Flexibility: Methods for Measuring the Impact of Product Variety on Performance in Process Industries", *Journal of Operations Management*, 17, (1999), 163-178.
- Bethel L. L., Atwater F. S., Smith G. H. E., Stackman H. A., *Industrial Organization & Management*, 4 th edition, McGraw-Hill Book Co., Tokyo, 1962.
- Bettis R. A., "Commentary on 'Redefining Industry Structure For The Information Age' by J. L. Sampler", *Strategic Management Journal*, Vol.19, (1998), 357-361.
- Biagiola S., Figueroa J. L., "Application of State Estimation Based NMPC to An Unstable Nonlinear Process", *Chemical Engineering Science*, 59, (2004), 4601-4612.
- Bititci U. S., Suwignjo P., Carrie A. S., "Strategy Management Through Quantitative Modelling of Performance Measurement Systems", *International Journal of Production Economics*, 69, (2001), 15-22.
- Bourne M., Mills J., Wilcox M., Neely A., Platts K., "Designing, Implementing and Updating Performance Measurement Systems", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.20, No.7, (2000), 754-771.
- Bristol E. H., "Basic Control Algorithms", *Process/Industrial Instruments and Controls Handbook*, 5. Baskı, Ed. McMillan G. K, Considine D. M., 2.57-2.83, McGraw-Hill Inc., USA, 1999.
- Burma A., *Veri ve Veri Modelleri*, <http://myo.mersin.edu.tr/UZAK/TP/Bilgisayar/bp-205/bol2.pdf> (E.Tarihi: 22.06.2006).
- Bylesjö H., "Modelling Output Flexibility in Process Industry", http://www.ies.ltu.se/org/Rapporter/AR2000_40.pdf (E.Tarihi:26.07.2006).

- Caporaletti L. E., Dula J. H., Womer N. K., "Performance Evaluation Based on Multiple Attributes with Nonparametric Frontiers", *Omega*, 27, (1999), 637-645.
- Chan D. C. K., Yung, K. L., Ip, A. W. H., "An Application of Fuzzy Sets to Process Performance Evaluation", *Integrated Manufacturing Systems*, 13/4, (2002), 237-246.
- Chan F. T. S., Qi H. J., Chan K. H., Lau H. C. W., Ip R. W. L., "A Conceptual Model of Performance Measurement for Supply Chains", *Management Decision*, 41/7, (2003), 635-642.
- Chase R. B., Aquilano N. J., *Production & Operations Management*, 6. Baskı, Irwin Inc., USA, 1992.
- Chen J. P., Chen K. S., "Quality And Reliability Corner Comparison of Two Process Capabilities by Using Indices C_{pm} : An Application to a Color STN Display", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol.21, No.1, (2004), 90-101.
- Chen K.S., Pearn W. L., "An Application of Non-Normal Process Capability Indices", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol.13, (1997), 355-360.
- Chenery H. B., Clark P. G., *Endüstrilerarası İktisat*, çev. Çınar C., ODTÜ İdari Bilimler Fakültesi Yayın No:5, Ankara, 1965.
- Chenhall R. H., "Strategies of Manufacturing Flexibility, Manufacturing Performance Measures and Organizational Performance: An Empirical Investigation", *Integrated Manufacturing Systems*, 7/5, (1996), 25-32.
- Cıngı S., Tarım A., *Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması*, Türkiye Bankalar Birliği Tebliğler Serisi, Sayı:2000-01, 2000.
- Corbett C.J., Pan J.-N., "Evaluating Environmental Performance Using Statistical Process Control Techniques", *European Journal of Operational Research*, 139, (2002), 68-83.
- Crama Y., Pochet Y., Wera Y., "A Discussion of Production Planning Approaches in The Process Industry", *Core Discussion Paper*, 2001/42, (2001), 1-36.
- De Toni A., Tonchia S., "Performance Measurement Systems Models, Characteristics and Measures", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.21, No.1/2, (2001), 46-70.
- Demir H., *Üretim Yönetimi*, Aydın Yayınevi, İzmir, 1988.
- Dennis D., Meredith J., "An Empirical Analysis of Process Industry Transformation Systems", *Management Science*, Vol.46, No.8, (2000), 1085-1099.
- Dervitsiotis K. N., *Operations Management*, McGraw-Hill Inc., Tokyo, 1981.
- Dilworth J. B., *Production and Operations Management*, 1. Baskı, Random House Inc., New York, 1979.

- Esen E., *Yönetim ve Organizasyon*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 1993.
- Feurer R., Chaharbaghi K., “Performance Measurement in Strategic Change”, *Benchmarking for Quality Management & Technology*, Vol.2, No.2, (1995), 64-83.
- Finch B. J., Cox J. F., “Process-Oriented Production Planning and Control: Factors That Influence System Design”, *Academy of Management Journal*, Vol.31, No.1, (1988), 123-153.
- Fransoo J. C., “Demand Management and Production Control in Process Industries”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.12, Nos.7/8, (1992), 187-196.
- Fransoo J. C., Rutten W. G. M. M., “A Typology of Production Control Situations in Process Industries”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.14, No.12, (1994), 47-57.
- Frolick M. N., Ariyachandra T. R., “Business Performance Management: One Truth”, *Information Systems Management*, 23,1, (2006), 41-48.
- Gözlü S., *Endüstriyel Kalite Kontrolü*, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Sayı:1416, İstanbul, 1990.
- Grady M. W., “Performance Measurement: Implementing Strategy”, *Management Accounting*, 72, 12, (1991), 49-53).
- Groover M. P., *Fundamentals of Modern Manufacturing*, 2. Baskı, John Wiley & Sons, Inc., USA, 2002.
- Hahn J., Edgar T. F., “An Improved Method For Nonlinear Model Reduction Using Balancing of Empirical Gramians”, *Computers and Chemical Engineering*, 26, (2002), 1379-1397.
- Hansen P. D., “Techniques For Process Control”, *Process/Industrial Instruments and Controls Handbook*, 5. Baskı, Ed. McMillan G. K, Considine D. M., 2.30-2.57, McGraw-Hill Inc., USA, 1999.
- Hayes R. H., Wheelwright S. C., “Link Manufacturing Process and Product Life Cycles”, *Harvard Business Review*, January-February, (1979), 133-140.
- Heide, D. P., *A Comprehensive Performance Management Model*, A Dissertation of Presented to the Graduate Faculty of the School of Human Behavior United States International Univesity, San Diego, 1993.
- Ivanescu C. V., Fransoo J. C., Bertrand J. W. M., “Makespan Estimation and Order Acceptance in Batch Process Industries When Processing Times Are Uncertain”, *OR Spectrum*, 24, 4,, (2002), 467-495.

- Jagadeesh R., Babu A. S., "Process Capability Assessment with Tool Wear: An Investigative Study", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 11. No.2, (1994), 51-62.
- Johnson P., Bell C., "Focused Vision for Focused Performance", *Training and Development Journal*, December (1987), 56-59.
- Jovan V., "The Specifics of Production Scheduling in Process Manufacturing", *Elektrotehniški vestnik (Electrotechnical Review)*, 69(5), (2002), 305-310.
- Juran J. M., Gryna F. M., *Quality Planning and Analysis*, McGraw-Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, 1979.
- Kabadayı E. T., "İşletmelerdeki Üretim Performans Ölçütlerinin Gelişimi, Özellikleri ve Sürekli İyileştirme İle İlişkisi", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, Sayı:6, (2002), 61-75.
- Kano M., Hasebe S., Hashimoto I., Ohno H., "Evolution of Multivariate Statistical Process Control: Application of Independent Component Analysis and External Analysis", *Computers and Chemical Engineering*, 28, (2004), 1157-1166.
- Kaplan R. S., Norton D. P., "Putting the Balanced Scorecard to Work", *Harvard Business Review*, September-October (1993), 134-142.
- Kaplan R. S., Norton D. P., "The Balanced Scorecard-Measures That Drive Performance", *Harvard Business Review*, January-February (1992), 71-79.
- Kayde W., *Operational Performance Measurement*, St. Lucie Press, USA, 1999.
- Kennerley M., Neely A., "A Framework of the Factors Affecting the Evolution of Performance Measurement Systems", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.22, No.11, (2002), 1222-1245.
- Ketokivi M., Jokinen M., "Strategy, uncertainty and the Focused Factory in International Process Manufacturing", *Journal of Operations Management*, 24, (2006), 250-270.
- Klassen R. D., Whybark D. C., "The Impact of Environmental Technologies on Manufacturing Performance", *Academy of Management Journal*, 42, 6, (1999), 599-615.
- Kobu B., *Endüstriyel Kalite Kontrolü*, İstanbul Üniversitesi Yayınları No:2763, İstanbul, 1981.
- Kobu B., *Üretim Yönetimi*, 11. Baskı, Avcıol Basım Yayın, İstanbul, 2003.
- Koçel T., *İşletme Yöneticiliği*, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul, 1998.
- Koutsoyiannis A., *Ekonometri Kuramı*, Çev.Şenesen Ü, Şenesen G. G., İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 1992.
- Kuruüzüm A., *Karar Destek Sistemlerinde Çok Amaçlı Yöntemler*, Akdeniz Üniversitesi Basımevi, Antalya, 1998.

- Kuruüzüm O., “AÜP’ye Dayalı Üretim Planlama Sistemi ve Bileşenleri”, İ.T.Ü. Dergisi, Cilt:50, Yıl:50, Sayı:4, (1992), 45-55.
- Kuruüzüm O., “İmalat Sanayiinde Küçük ve Orta Boy İşletmelerin Sektörel Bir Değerlendirmesi”, Halil Aksu’ya Armağan, Der. Günçavdı Ö., Küçükçiftçi S., Tokdemir E., 193-208, İTÜ İşletme Fakültesi, İstanbul, 2000.
- Kuruüzüm O., Akyüz G., Sekreter M., Özbey N., “Üniversite Yönetiminde Kalite Yönetim Sistemi (KYS) Tasarımı: Akdeniz Üniversitesi Örneği”, II. Kalite Sempozyumu-Kalite Kültürünün Oluşmasında Eğitim Rolü Bildiri Kitabı, Dokuz Eylül Üniversitesi-DEÜBİMER, 227-233, İzmir, 2004.
- Kuruüzüm O., Özbey N., Sekreter M., Akyüz G., “Üniversite İdari Birimlerinde İş Süreçleri Kurgulaması ve Bir Uygulama”, III. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul Kültür Üniversitesi, 207-213, İstanbul, 2003.
- Kuruüzüm O., Proses Endüstrisinde Proses Kontrolü Problemine Hedef Programlama İle Yaklaşım ve Alternatif Bir HP Algoritması Önerisinin Bir Uygulama Üzerinde Değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul, 1986.
- Kuruüzüm O., Verimliliği Artırmada İş Etüdü Teori ve Uygulamaları, İTÜ Matbaası, İstanbul, 1992.
- Kutti S., Garner B., Ghosal A., “Modelling Expert Resource Management Systems”, Kybernetes, Vol.28, Iss.4, (1999), 385-...
- Kutucuoğlu K.Y., Hamali J., Irani Z., Sharp J.M. “A Framework For Managing Using Performance Measurement Systems”, International Journal of Operations & Production Management, Vol.21, No.1/2, (2001), 173-194.
- Küçükerman Ö., Türk Cam Sanayii ve Şişe Cam, http://www.sisecam.com.tr/camsan/cam_sisecam/cam.htm, (E.Tarihi:16.06.2006), 1998.
- Laitinen E. K., “A Dynamic Performance Measurement System: Evidence From Small Finnish Technology Companies”, Scandinavian Journal of Management, 18, (2002), 65-99.
- Lane S., Martin E. B., Morris A. J., Gower P., “Application of Exponentially Weighted Principal Component Analysis For the Monitoring of a Polymer Film Manufacturing Process”, Transactions of the Institute of Measurement and Control, 25,1, (2003), 17-35.
- Lo E. K., Pushpakumara C., “Performance and Partnership in Global Manufacturing-Modelling Frameworks and Techniques”, International Journal of Production Economics, 60-61, (1999), 261-269.

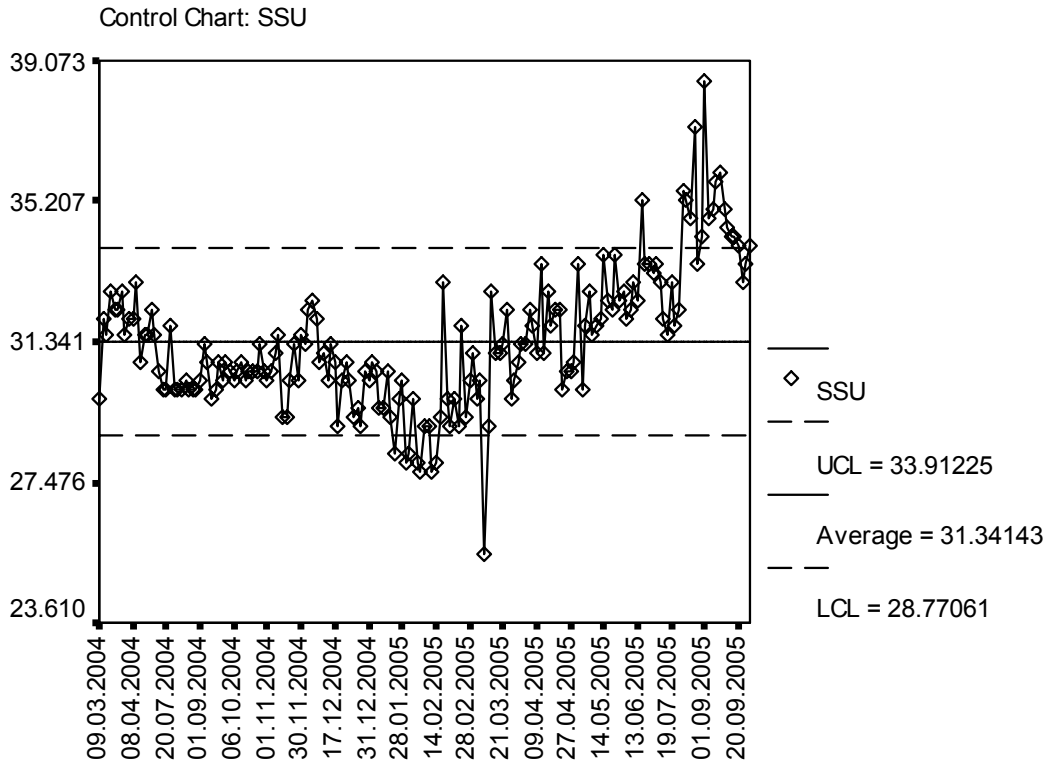
- Loos P., Allweyer T., "Application of Production Planning and Scheduling in the Process Industries", *Computers in Industry*, 36, (1998), 199-208.
- Lynch R. R., Cross K. F., *Measure Up! Yardsticks for Continuous Improvement*, BlackWell, USA, 1991.
- MacCarthy B. L., Wasusri T., "Statistical Process Control for Monitoring Scheduling Performance-Addressing the Problem of Correlated Data", *Journal of the Operational Research Society*, 52, (2001), 810-820.
- Macey S., *An Integrated Model for Performance Management Based on ISO9000 and Business Excellence Models*, Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Applied Science, Industrial Engineering at Dalhousie University, Canada, 2001.
- Martin E. B., Morris A. J., Kiparissides, "Manufacturing Performance Enhancement Through Multivariate Statistical Process Control", *Annual Reviews in Control*, 23, (1999), 35-44.
- Martinez E. C., Pulley R. A., Wilson J. A., "Learning to Control the Performance of Batch Process", *Institution of Chemical Engineers Trans IChemE*, Vol.76, Part A, (1998), 711-722.
- Maskell B., "Performance Measurement for World Class Manufacturing Part I", *Manufacturing Systems*, 7, 7, (1989), 62-64.
- Massotte P., Bataille R., "Future Production Systems: Influence of Self-Organization on Approaches to Quality Engineering", *International Journal of Production Economics*, 64, (2000), 359-377.
- Matta R., Miller T., "Production and Inter-Facility Transportation Scheduling for A Process Industry", *European Journal of Operational Research*, 158, (2004), 72-88.
- McGregor D., "An Uneasy Look at Performance Appraisal", *Harvard Business Review*, 35(3), (1957), 89-94.
- McKone K. E., Schroeder R. G., Cua K. O., "The Impact of Total Productive Maintenance Practices on Manufacturing Performance", *Journal of Operations Management*, 19, (2001), 39-38.
- Medori D., Steple D., "A Framework for Auditing and Enhancing Performance Measurement Systems", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.20, No.5, (2000), 520-533.
- Meer R.B. V., Quigley J., Storbeck J. E., "Using Regression Analysis to Model the Performance of UK Coastguard Centres", *Journal of Operational Research Society*, 56, (2005), 630-641.

- Meyer H. H., Kay E., French J. R. P., "Split Roles in Performance Appraisal", *Harvard Business Review*, 43(1), (1965), 123-129.
- Montgomery D. C., *Introduction to Statistical Quality Control*, 4. Baskı, John Wiley & Sons, Inc., USA, 2001.
- Motorcu A. R., Güllü A., "Statistical Process Control in Machining, A Case Study For Machine Tool Capability and Process Capability", *Materials and Design*, 27, (2006), 364-372.
- Mucuk İ., *Pazarlama İlkeleri*, Türkmen Kitabevi, İstanbul, 2001.
- Neely A., Adams C., Crowe P., "The Performance Prism in Practice", *Measuring Business Excellence*, 5,2, (2001), 6-12.
- Neely A., Gregory M., Platts K., "Performance Measurement System Design A Literature Review and Research Agenda", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.15, No.4, (1995), 80-116.
- Newbold P., *İşletme ve İktisat için İstatistik*, Çev. Şenesen Ü., Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2000.
- Nightingale J., "On The Definition of Industry and Market", *The Journal of Industrial Economics*, Vol.27, No.1, (1978), 31-40.
- Özveri O., *Ölçüm Sistemleri ve Süreç Yeterlilik Analizi Tekniklerinin İşletmelerde Uygulanması Üzerine Bir Araştırma*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt.3, Sayı.1, İzmir, 2001.
- Pearn W. L., Chen K. S., Lin G. H., "A Generalization of Clements' Method for Non-Normal Pearsonian Process With Asymmetric Tolerances", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol.16, No.5, (1999), 507-521.
- Pearn W. L., Wu C.-W., "Production Quality and Yield Assurance for Processes with Multiple Independent Characteristics", *European Journal of Operational Research*, 173, (2006), 637-647.
- Pearn W. L., Yang L., Chen K. S., Lin P. C., "Testing Process Capability Using The Index C_{pmk} With An Application", *International Journal of Reliability, Quality, and Safety Engineering*, Vol.8, No.1, (2001), 15-34.
- Popplewell K., Bing Y., "Reporting Requirements And Performance Measures in Integrated Approximate Factory Modelling", *Integrated Manufacturing Systems*, Vol.6, No.5, (1995), 4-12.
- Raaymakers W. H. M., Weijters A. J. M. M., "Makespan Estimation in Batch Process Industries: A Comparison Between Regression Analysis and Neural Networks", *European Journal of Operational Research*, 145, (2003), 14-30.

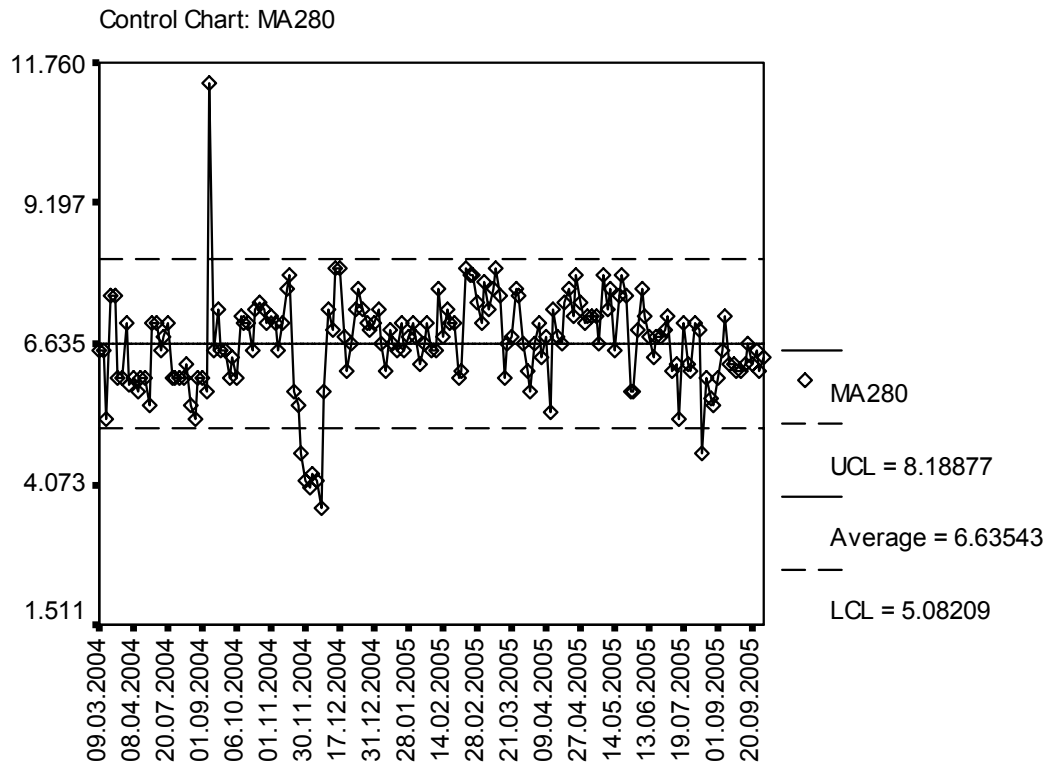
- Reis S., Çevresel Planlara Altlık Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması: Trabzon İli Bilgi Sistemi (TİBİS) Modeli, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, http://gislab.ktu.edu.tr/yayinlar/tez_selcuk (E.Tarihi: 22.06.2006), 2003.
- Robinson H. S., Carrillo P. M., Anumba C. J., Al-Ghassani A. M., “Review and Implementation of Performance Management Models in Construction Engineering Organizations”, *Construction Innovation*, 5, (2005), 203-217.
- Sandrock C., Vaal P., Weightman D., “Performance Comparison of Controllers Acting on a Batch Pulp Digester Using Monte Carlo Modelling”, *Control Engineering Practice*, 14, (2006), 949-958.
- Sarkis J. “Quantitative Models for Performance Measurement Systems-Alternate Considerations”, *International Journal of Production Economics*, 86, (2003), 81-90.
- Schroeder R. G., *Operations Management*, McGraw-Hill, USA, 1989.
- Selen W. J., Ashayeri J., “Manufacturing Cell Performance Improvement: A Simulation Study”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 17, (2001), 169-176.
- Shah R., Goldstein S. M., “Use of Structural Equation Modeling in Operations Management Research: Looking Back and Forward”, *Journal of Operations Management*, 24, (2006), 148-169.
- Silveria G. J. C., “Market Priorities, Manufacturing Configuration, and Business Performance: An Empirical Analysis of the Order-Winners Framework”, *Journal Of Operations Management*, 23, (2005), 662-675.
- Singh R., Gilbreath G., “A Real-time Information System For Multivariate Statistical Process Control”, *International Journal of Production Economics*, 75, (2002), 161-172.
- Sink D. S., Tuttle T. C., “The Performance Management Question in The Organization Of The Future”, *Industrial Management*, 32(1), (1990), 4-12.
- Slater S. F., Olson E. M., Reddy V. K., “Strategy-Based Performance Measurement”, *Business Horizons*, July-August (1997), 37-44.
- Smith PC., Goddard M., “Performance Management and Operational Reseach: a Marriage Made in Heaven?”, *Journal of the Operational Research Society*, 53, (2002), 247-255.
- Star M. K., *Managing Production and Operations*, Prentice Hall, New Jersey, 1989.
- Suwignjo P., Bititci U. S., Carrie A. S., “Quantitative Models for Performance Measurement Systems”, *International Journal of Production Economics*, 64, (2000), 231-241.
- Tangen S., “An Overview of Frequently Used Performance Measures”, *Work Study*, Vol.52, No.7, (2003), 347-354.

- Tangen S., "Understanding the Concept of Productivity", Proceedings of the 7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Taipei, 2002.
- Tangen, S., "Performance Measurement: From Philosophy to Practice", International Journal of Productivity and Performance Management, Vol.53, No.8, (2004), 726-737.
- Tannock J. D. T., "Choice of Inspection Strategy Using Quality Simulation", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol.12, No.5, (1995), 75-84.
- Taşkın H., Proses Modellendirme, Optimizasyon ve Kontrol'ün Bir Petrol Rafineri Ünitesine (FCC) Uygulanması, İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi Doktora Tezi, İstanbul, 1982.
- Tong L. I., Chen J. P., "Lower Confidence Limits of Process Capability Indices For Non-Normal Process Distributions", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol.15, No.8/9, (1998), 907-919.
- Triantis K., Otis P., "Dominance-Based Measurement of Productive and Environmental Performance for Manufacturing", European Journal of Operational Research, 154, (2004), 447-464.
- Tsubone H., Horikawa M., "Impact of Various Flexibility Types in A Hybrid Fabrication/Assembly Production System", International Journal of Production Economics, 60-61, (1999), 117-123.
- Upton D. M., "Process Range in Manufacturing: An Empirical Study of Flexibility", Management Science, 43, 8, (1997), 1079-1092.
- Üreten S., Üretim/İşlemler Yönetimi Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 1997.
- Wilcox M., Bourne M., "Predicting Performance", Management Decision, 41/8, (2003), 806-816.
- Yıldırım A., Şimşek H., Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, Seçkin Yayınevi, Ankara, 1999.
- Yurdakul M., "Measuring a Manufacturing System's Performance Using Saaty's System with Feedback Approach", Integrated Manufacturing Systems, 13/1, (2002), 25-34.
- , ESAM, <http://esam.comu.edu.tr/cam.htm> (E.Tarihi:16.06.2006)
- , Cam Ocağı, <http://www.camocagi.org/yeni/essizmalzeme.php> (E.Tarihi:16.06.2006)
- , TÜBİTAK Cam Sanayi Raporu, <http://vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongorusu/paneller/makinevemalzeme/raporlar/Ek2d.pdf> , (E.Tarihi:22.06.2006).

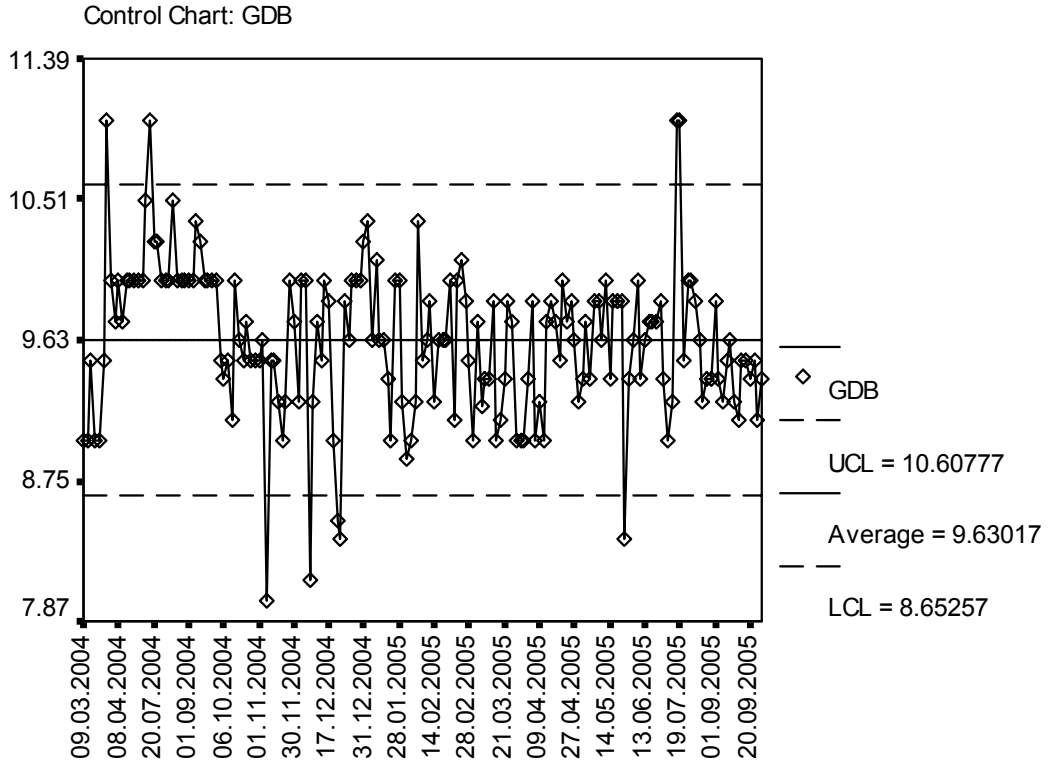
EK-1(a): Proses Karakteristikleri Kontrol Grafikleri



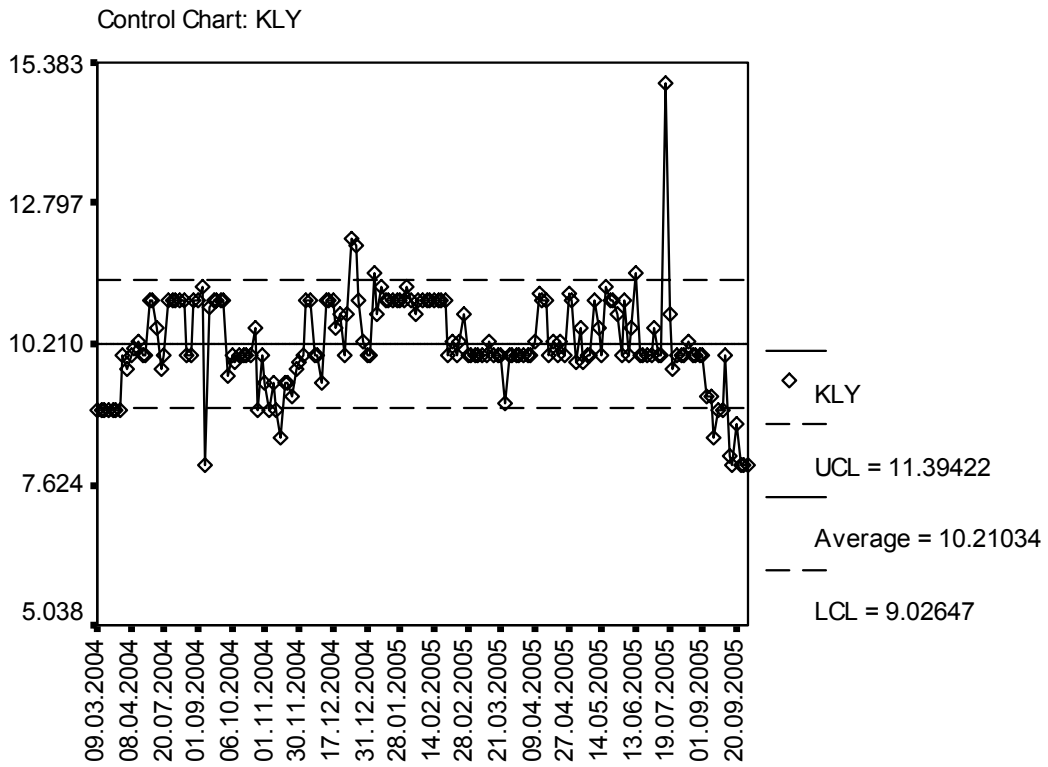
Sigma level: 3



Sigma level: 3

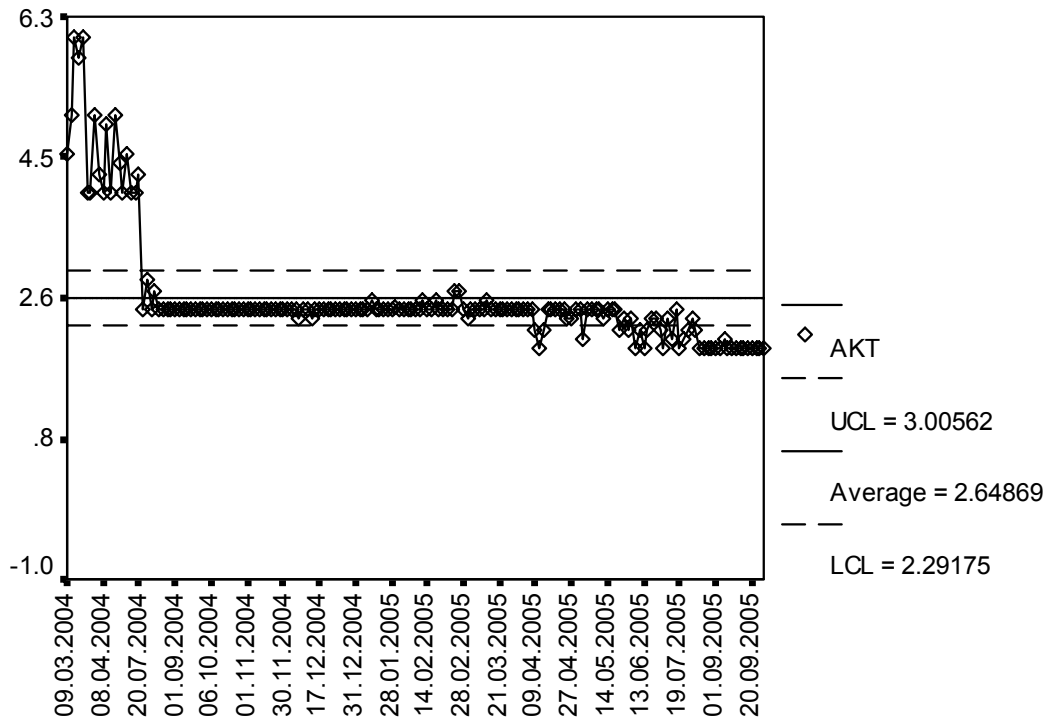


Sigma level: 3



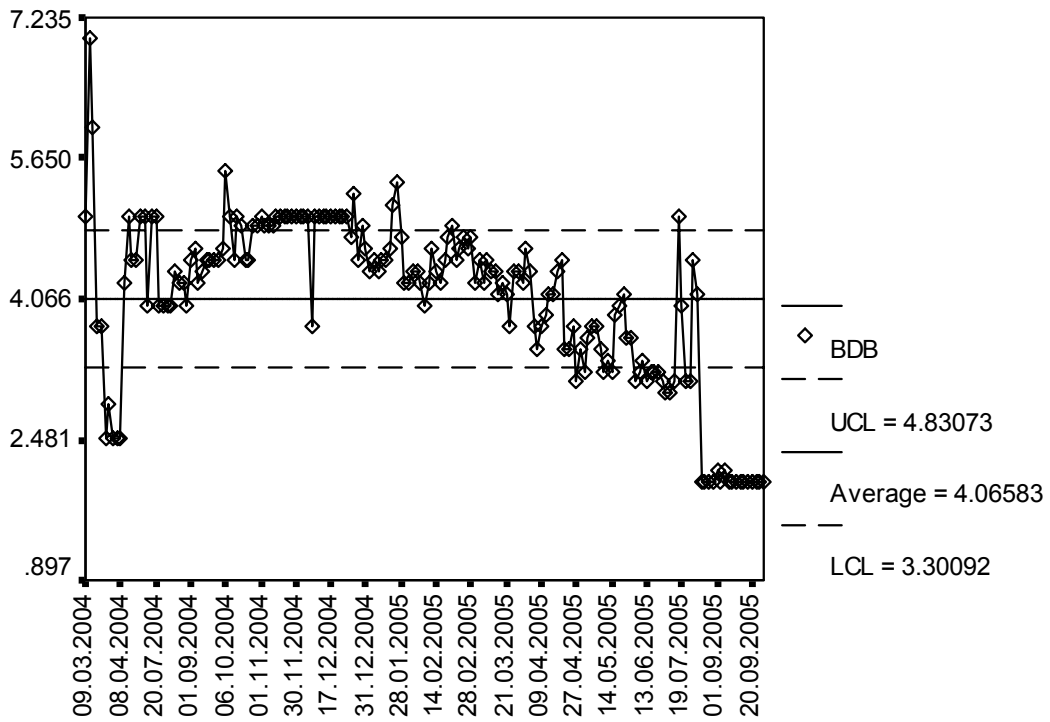
Sigma level: 3

Control Chart: AKT

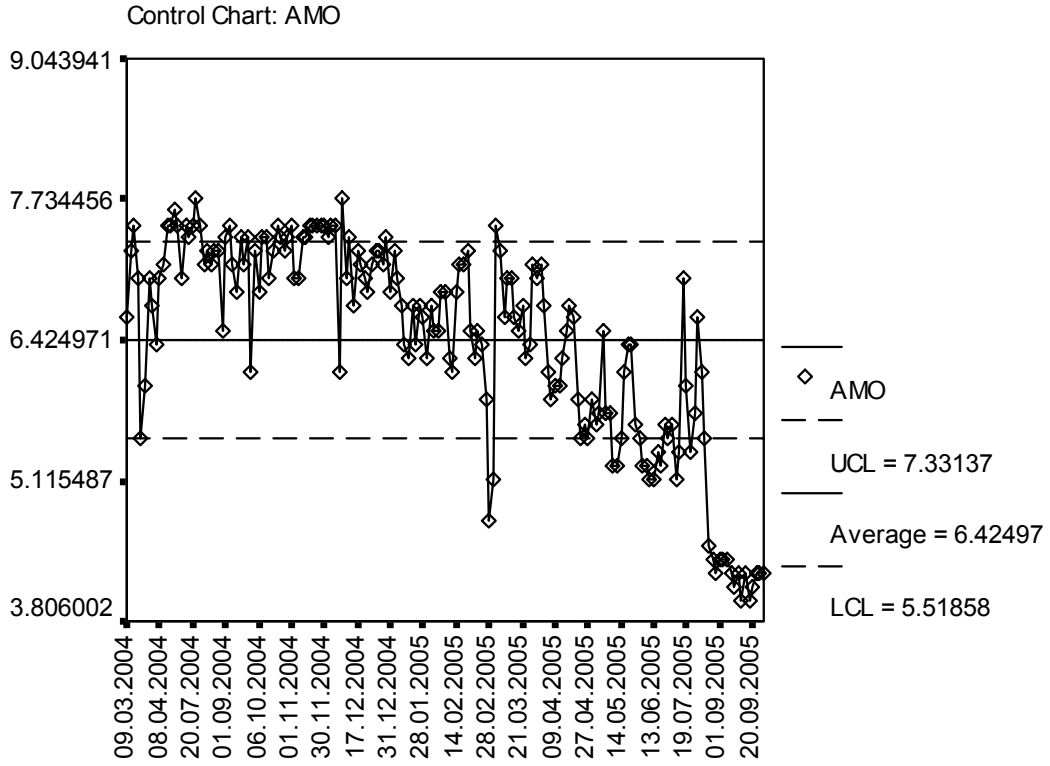


Sigma level: 3

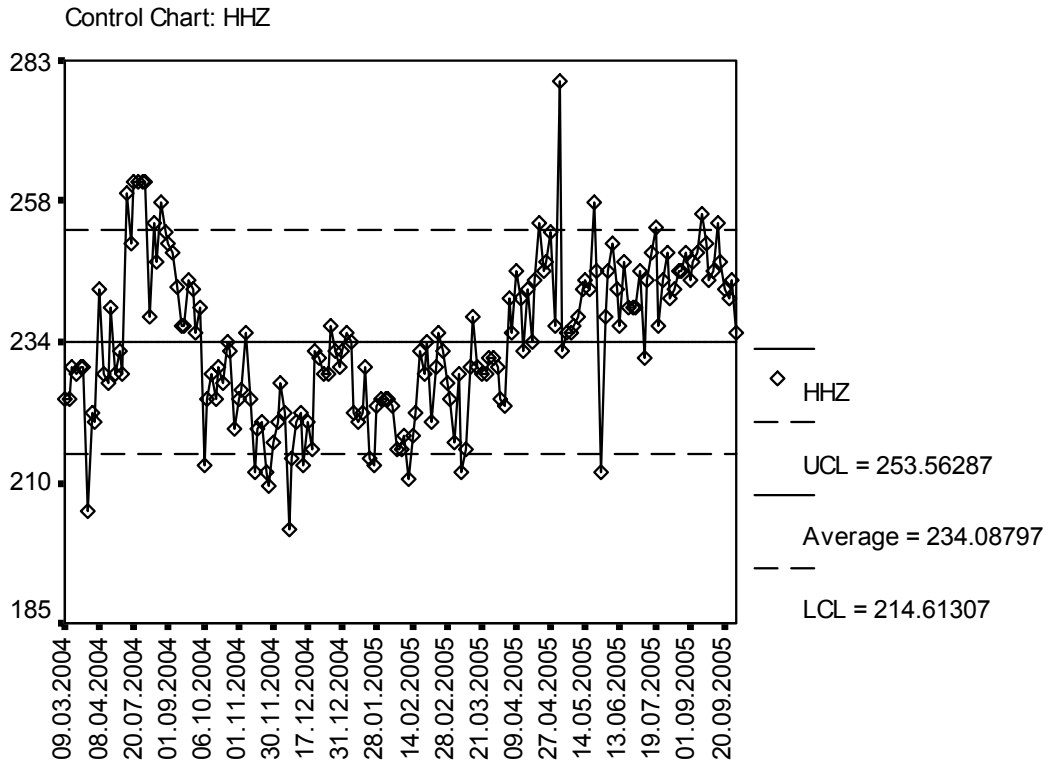
Control Chart: BDB



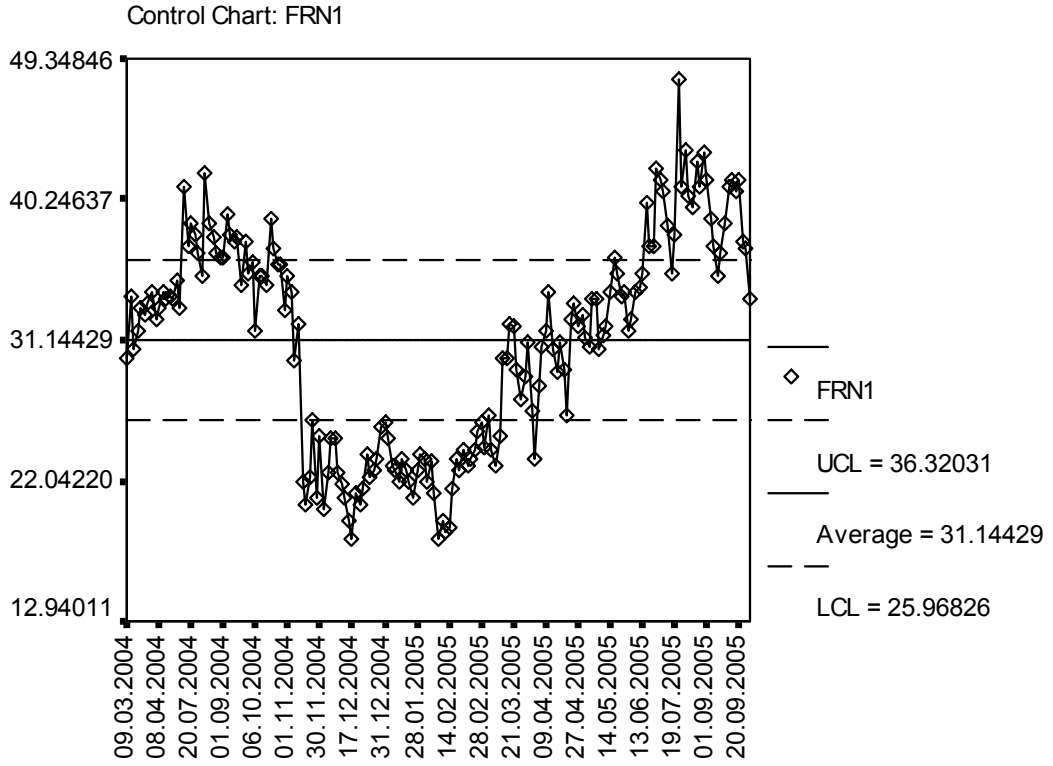
Sigma level: 3



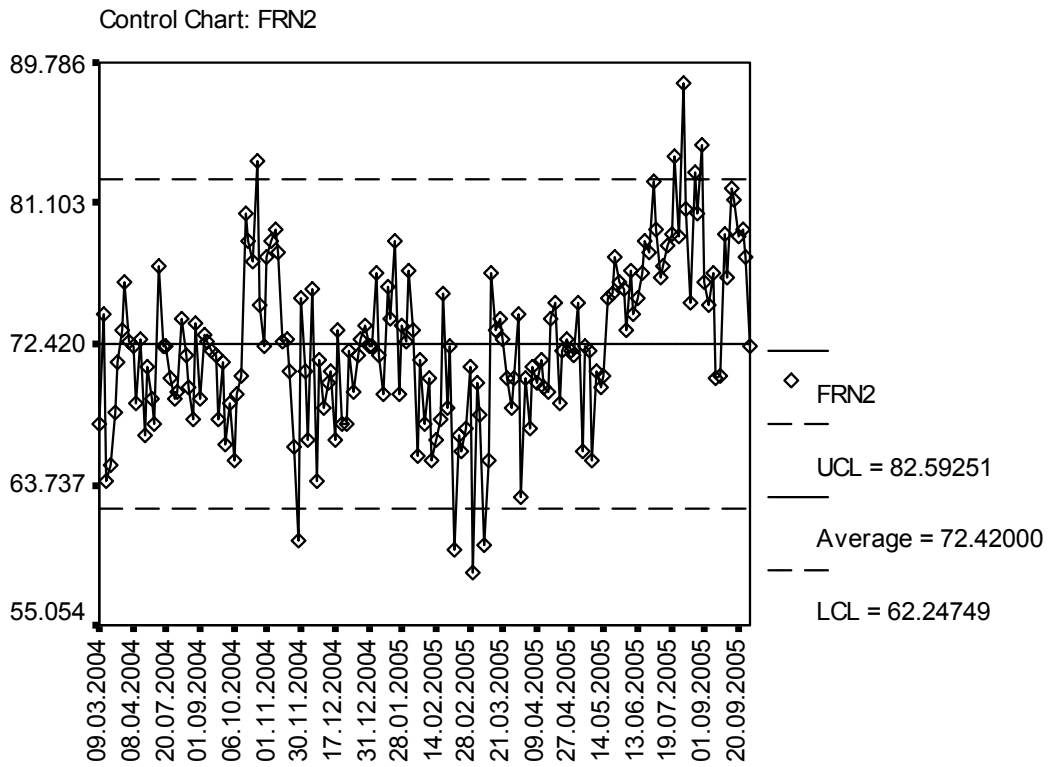
Sigma level: 3



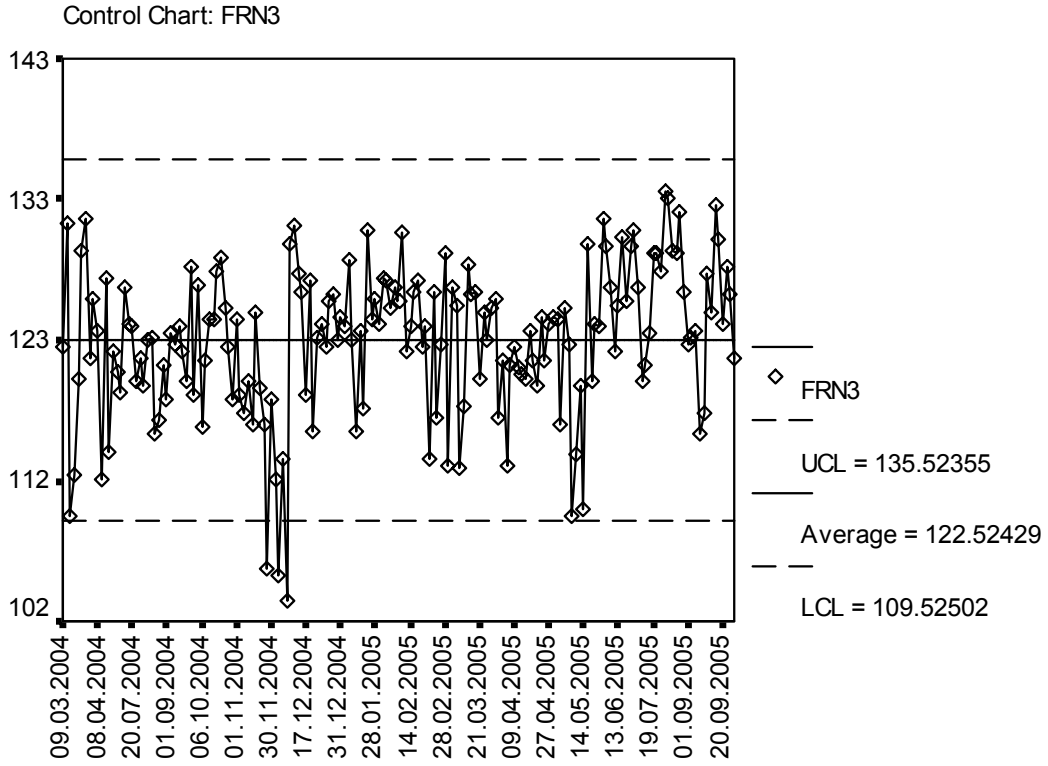
Sigma level: 3



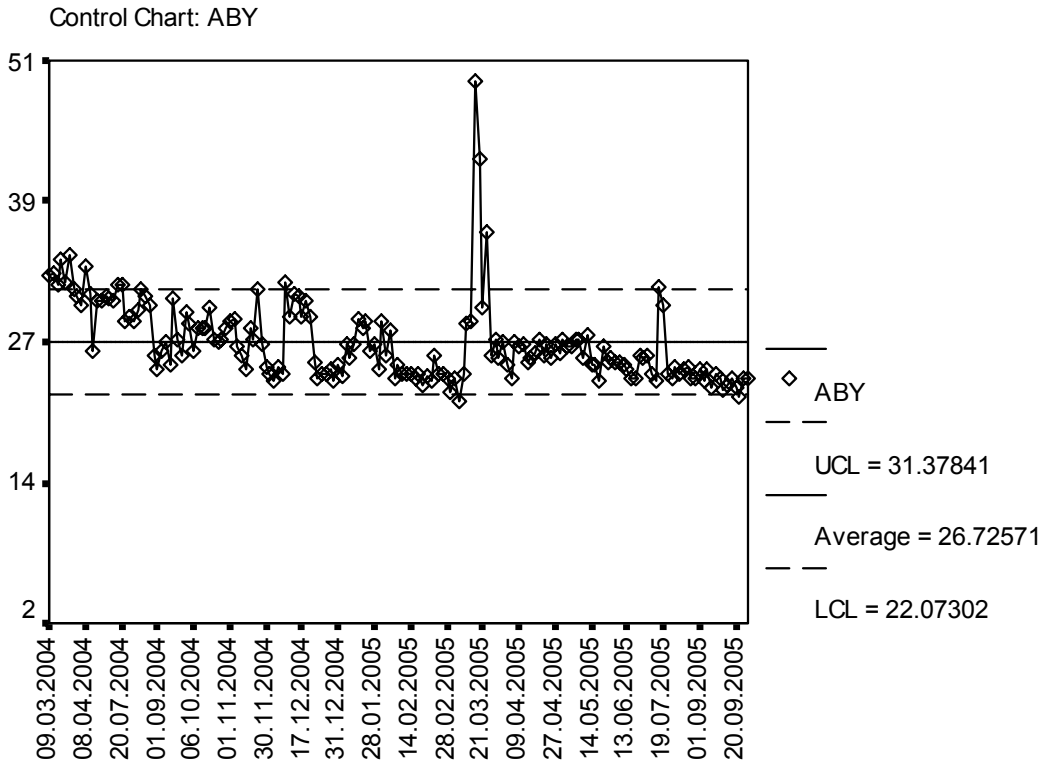
Sigma level: 3



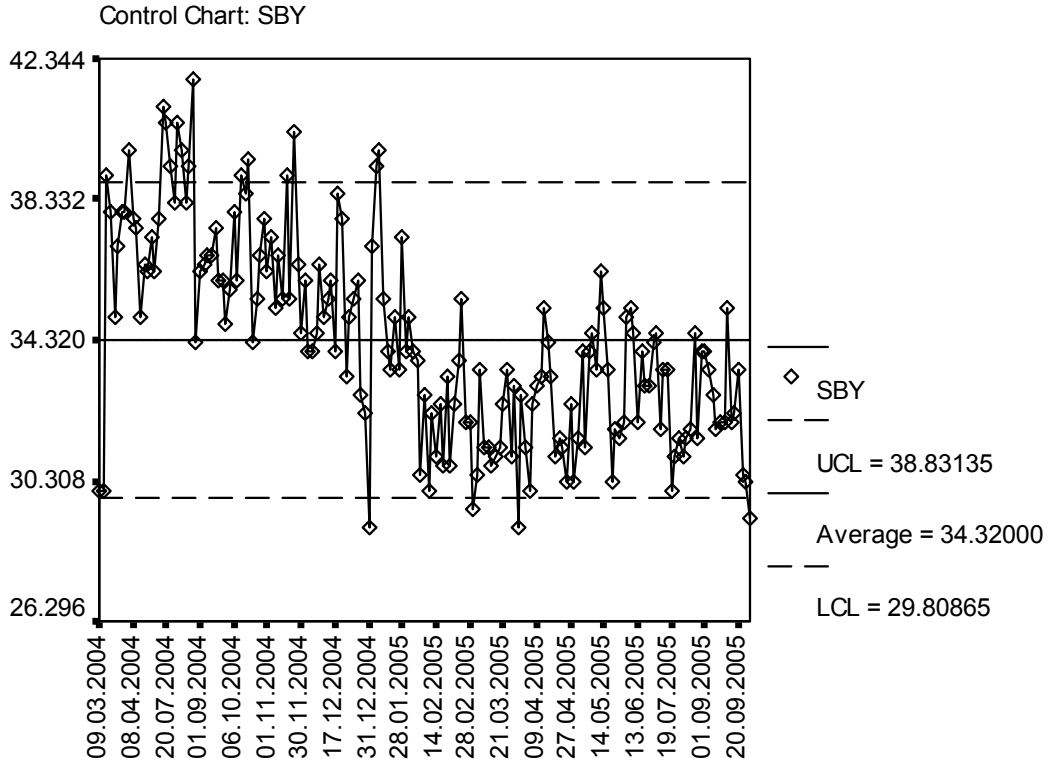
Sigma level: 3



Sigma level: 3

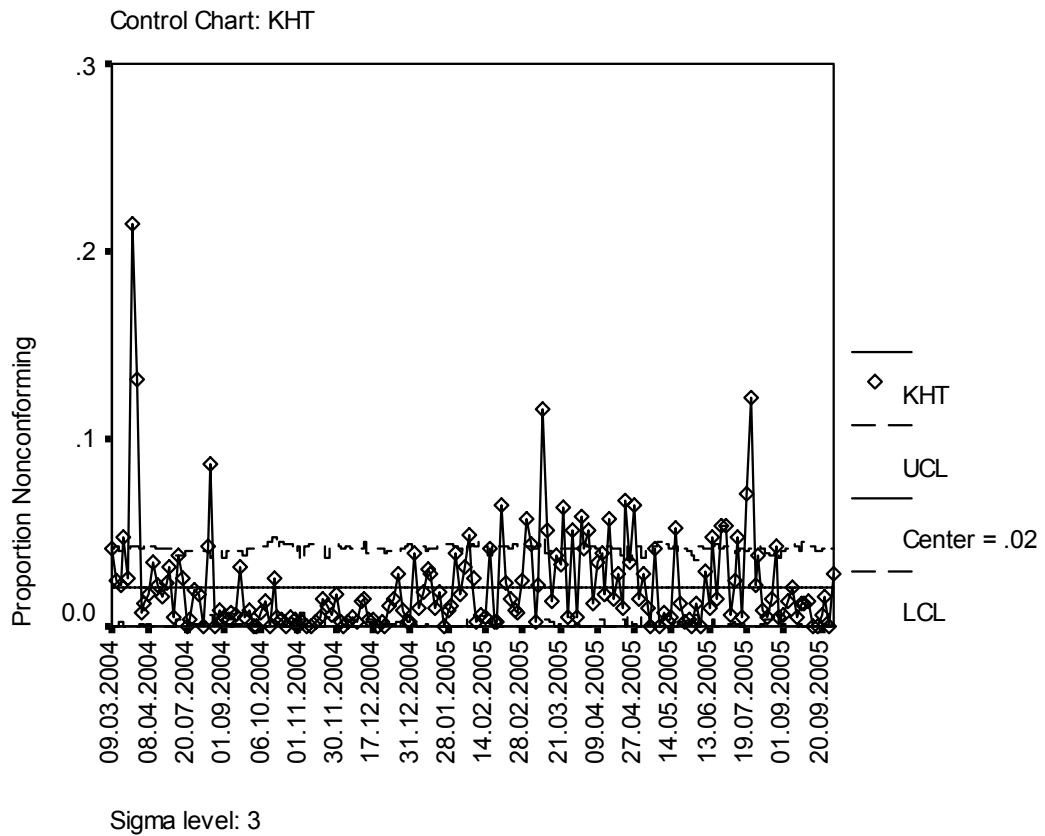
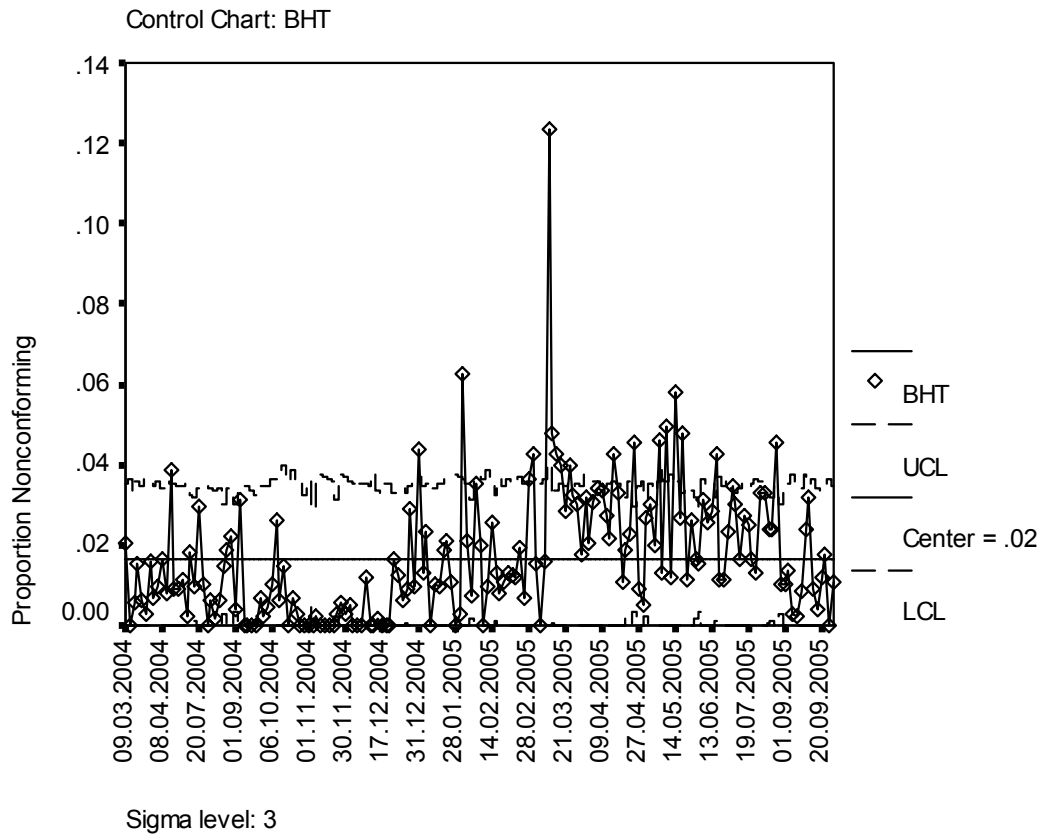


Sigma level: 3



Sigma level: 3

EK-1(b): Nihai Ürün Karakteristikleri Kontrol Grafikleri



EK-2(a): Mevcut Duruma İlişkin Proses Yeterlilikleri Hesaplama Tablosu

Değişken	Limit ve Hedef Değerler					174	175	1	2	88	89
	ÜKL	OÇ	AKL	T	σ	$X_{R(1)}$	$X_{R(1+1)}$	$X_{R(2)}$	$X_{R(2+1)}$	$X_{R(3)}$	$X_{R(3+1)}$
HSC	28.36	23.99	19.61	23.99	6.523	36.25	37.00	12.25	12.50	24.00	24.25
NEM	65.94	37.65	9.37	37.65	17.698	90.00	91.75	9.50	12.75	34.75	35.00
AKT	3.01	2.65	2.29	2.00	0.743	6.00	6.00	2.00	2.00	2.50	2.50
KLY	11.39	10.21	9.03	9.50	0.874	12.13	15.00	8.00	8.00	10.00	10.00
ABY	31.38	26.73	22.07	30.00	3.605	42.75	49.50	21.50	22.00	25.75	26.00
FRN1	36.32	31.14	25.97	37.50	6.879	43.50	48.00	18.25	18.25	32.50	32.50
SSU	33.91	31.34	28.77	30.00	1.903	37.25	38.50	25.50	27.75	31.00	31.00
MA	8.19	6.64	5.08	5.00	0.889	8.00	11.38	3.63	4.00	6.75	6.75
HHZ	253.56	234.09	214.61	243.35	13.396	261.67	279.11	201.50	204.78	232.59	232.59
SBY	38.83	34.32	29.81	37.50	2.868	41.00	41.75	29.00	29.00	34.00	34.00
AMO	7.33	6.42	5.52	6.00	0.985	7.75	7.75	4.00	4.00	6.75	6.75
FRN2	82.59	72.42	62.25	77.50	5.048	84.75	88.50	58.25	59.75	72.25	72.25
GDB	10.61	9.63	8.65	9.75	0.479	11.00	11.00	8.00	8.13	9.63	9.63
BDB	4.83	4.07	3.30	3.75	0.955	6.00	7.00	2.00	2.00	4.38	4.38
FRN3	135.52	122.52	109.53	127.50	5.400	132.75	133.25	103.75	105.50	123.25	123.25

Değişken	F _{99,865}	F _{0,135}	M	Proses yeterliliği							
				C _p	C _{pk(u)}	C _{pk(a)}	C _{pk(min)}	C _{pm}	C _{pmk(u)}	C _{pmk(a)}	C _{pmk(min)}
HSC	36.824	12.309	24.00	0.357	0.356	0.358	0.356	0.357	0.356	0.358	0.356
NEM	91.339	10.263	34.75	0.698	0.769	0.626	0.626	0.682	0.752	0.612	0.612
AKT	6.000	2.000	2.50	0.178	0.253	0.104	0.104	0.143	0.202	0.083	0.083
KLY	14.325	8.000	10.00	0.374	0.441	0.308	0.308	0.338	0.398	0.278	0.278
ABY	47.914	21.617	25.75	0.354	0.428	0.280	0.280	0.254	0.307	0.201	0.201
FRN1	46.943	18.250	32.50	0.361	0.266	0.455	0.266	0.249	0.184	0.315	0.184
SSU	38.206	26.029	31.00	0.422	0.478	0.366	0.366	0.379	0.429	0.328	0.328
MA	10.582	3.713	6.75	0.452	0.419	0.486	0.419	0.248	0.229	0.266	0.229
HHZ	275.013	202.269	232.59	0.535	0.577	0.494	0.494	0.401	0.431	0.370	0.370
SBY	41.574	29.000	34.00	0.718	0.768	0.667	0.667	0.369	0.395	0.342	0.342
AMO	7.750	4.000	6.75	0.483	0.310	0.657	0.310	0.309	0.198	0.420	0.198
FRN2	87.619	58.602	72.25	0.701	0.713	0.689	0.689	0.475	0.483	0.467	0.467
GDB	11.000	8.029	9.63	0.658	0.662	0.655	0.655	0.638	0.642	0.635	0.635
BDB	6.765	2.000	4.38	0.321	0.191	0.451	0.191	0.252	0.150	0.354	0.150
FRN3	133.133	104.161	123.25	0.897	0.847	0.947	0.847	0.674	0.636	0.711	0.636

EK-2(b): Modelin Ürettiği Sonuçlara İlişkin Proses Yeterlilikleri Hesaplama Tablosu

Değişken	Limit ve Hedef Değerler					9212	9213	13	14	4613	4614
	ÜKL	OÇ	AKL	T	σ	$X_{R(1)}$	$X_{R(1+1)}$	$X_{R(2)}$	$X_{R(2+1)}$	$X_{R(3)}$	$X_{R(3+1)}$
HSC	33.78	32.00	30.22	32.00	0.592	33.00	33.00	31.00	31.00	32.00	32.00
NEM	49.24	45.00	40.76	45.00	1.414	47.00	47.00	43.00	43.00	45.00	45.00
AKT	4.84	4.60	4.36	4.60	0.082	4.70	4.70	4.50	4.50	4.60	4.60
KLY	6.84	6.60	6.36	6.60	0.082	6.70	6.70	6.50	6.50	6.60	6.60
ABY	32.12	30.00	27.88	30.00	0.707	31.00	31.00	29.00	29.00	30.00	30.00
FRN1	41.90	40.12	38.34	40.12	0.593	41.23	41.23	39.01	39.01	40.12	40.12
SSU	33.05	32.74	32.43	32.74	0.103	32.91	32.91	32.56	32.56	32.74	32.74
MA	6.31	6.22	6.13	6.22	0.031	6.29	6.29	6.15	6.15	6.22	6.22
HHZ	248.62	245.97	243.33	245.97	0.881	247.46	247.46	244.48	244.48	245.97	245.97
SBY	37.05	36.37	35.69	36.37	0.228	36.84	36.84	35.90	35.90	36.37	36.37
AMO	7.05	6.92	6.78	6.92	0.045	7.02	7.02	6.81	6.81	6.92	6.92
FRN2	76.34	75.55	74.76	75.55	0.262	76.11	76.11	75.00	75.00	75.55	75.55
GDB	9.18	9.12	9.06	9.12	0.019	9.16	9.16	9.08	9.08	9.12	9.12
BDB	4.40	4.28	4.15	4.28	0.041	4.37	4.37	4.18	4.18	4.28	4.28
FRN3	124.56	124.01	123.46	124.01	0.183	124.42	124.42	123.60	123.60	124.01	124.01

Değişken	F _{99,865}	F _{0,135}	M	Proses yeterliliği							
				C _p	C _{pk(u)}	C _{pk(a)}	C _{pk(min)}	C _{pm}	C _{pmk(u)}	C _{pmk(a)}	C _{pmk(min)}
HSC	33.000	31.000	32.00	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775
NEM	47.000	43.000	45.00	2.122	2.122	2.122	2.122	2.122	2.122	2.122	2.122
AKT	4.700	4.500	4.60	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450
KLY	6.700	6.500	6.60	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450
ABY	31.000	29.000	30.00	2.122	2.122	2.122	2.122	2.122	2.122	2.122	2.122
FRN1	41.225	39.014	40.12	1.608	1.608	1.608	1.608	1.608	1.608	1.608	1.608
SSU	32.912	32.563	32.74	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775
MA	6.288	6.152	6.22	1.363	1.363	1.363	1.363	1.363	1.363	1.363	1.363
HHZ	247.463	244.484	245.97	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775	1.775
SBY	36.840	35.898	36.37	1.451	1.451	1.451	1.451	1.451	1.451	1.451	1.451
AMO	7.025	6.812	6.92	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280
FRN2	76.106	74.998	75.55	1.418	1.415	1.422	1.415	1.418	1.415	1.422	1.415
GDB	9.163	9.080	9.12	1.382	1.382	1.382	1.382	1.382	1.382	1.382	1.382
BDB	4.374	4.180	4.28	1.272	1.272	1.272	1.272	1.272	1.272	1.272	1.272
FRN3	124.423	123.597	124.01	1.328	1.325	1.331	1.325	1.328	1.325	1.331	1.325

EK-3: Sistematik ve Stokastik Simülasyonda Kullanılan Makro Yazılımları

a) Sistematik Simülasyon

Sub sim()

' karakteristiklerin min ve max değerleri

hsceb = 37

hscek = 12.25

hscfrk = hsceb - hscek

nemeb = 91.75

nemek = 9.5

nemfrk = nemeb - nemek

amoeb = 7.75

amoek = 4

amofrk = amoeb - amoek

klyeb = 15

klyek = 8

klyfrk = klyeb - klyek

abyeb = 49.5

abyek = 21.5

abyfrk = abyeb - abyek

frn1eb = 48

frn1ek = 18.25

frn1frk = frn1eb - frn1ek

ssueb = 38.5

ssuek = 25.5

ssufrk = ssueb - ssuek

maeb = 11.38

maek = 3.63

mafrk = maeb - maek

akteb = 6

aktek = 2

aktfrk = akteb - aktek

hhzeb = 279.11

hhzek = 201.5

hhzfrk = hhzeb - hhzek

sbyeb = 41.75

sbyek = 29

sbyfrk = sbyeb - sbyek

frn2eb = 88.5

frn2ek = 58.25

frn2frk = frn2eb - frn2ek

gdbeb = 11

gdbek = 8

gdbfrk = gdbeb - gdbek

bdbeb = 7

bdbek = 2

bdbfrk = bdbeb - bdbek

frn3eb = 133.25

frn3ek = 103.75

frn3frk = frn3eb - frn3ek

' dışsal değişkenlere ilişkin alt, üst sınır ve adım değerlerinin okunması

hscas = Sheets("Dissal").Cells(2, 2).Value

hscus = Sheets("Dissal").Cells(2, 3).Value

hscad = Sheets("Dissal").Cells(2, 4).Value

nemas = Sheets("Dissal").Cells(3, 2).Value

nemus = Sheets("Dissal").Cells(3, 3).Value

nemad = Sheets("Dissal").Cells(3, 4).Value

aktas = Sheets("Dissal").Cells(4, 2).Value

aktus = Sheets("Dissal").Cells(4, 3).Value

aktad = Sheets("Dissal").Cells(4, 4).Value

klyas = Sheets("Dissal").Cells(5, 2).Value

klyus = Sheets("Dissal").Cells(5, 3).Value

klyad = Sheets("Dissal").Cells(5, 4).Value

abyas = Sheets("Dissal").Cells(6, 2).Value

abyus = Sheets("Dissal").Cells(6, 3).Value

abyad = Sheets("Dissal").Cells(6, 4).Value

' sistematik simülasyon

n = 2

For i = hscas To hscus Step hscad

hscr = i

For j = nemas To nemus Step nemad

nemr = j

For k = aktas To aktus Step aktad

aktr = k

For l = klyas To klyus Step klyad

klyr = l

For m = abyas To abyus Step abyad

abyr = m

Sheets("Sim").Cells(n, 1).Value = (n - 1)

Sheets("Sim").Cells(n, 2).Value = hscr

Sheets("Sim").Cells(n, 3).Value = nemr

Sheets("Sim").Cells(n, 4).Value = aktr

Sheets("Sim").Cells(n, 5).Value = klyr

Sheets("Sim").Cells(n, 6).Value = abyr

' hsc, nem, akt ve kly'nin standardize edilmesi

hsc = (hscr - hscck) / hscfrk

nem = (nemr - nemek) / nemfrk

akt = (aktr - aktek) / aktfrk

kly = (klyr - klyek) / klyfrk

aby = (abyr - abyek) / abyfrk

' denklemler

ssu = 0.291 + (0.333 * hsc)

hhz = 0.194 + (0.475 * hsc)

ma = 0.517 + (0.187 * hhz) - (0.157 * nem) - (0.148 * hsc) - (0.187 * ssu)

gdb = 0.202 + (0.201 * hsc) + (0.288 * ma) + (0.424 * kly)

amo = 0.921 - (0.926 * ssu) + (0.438 * akt) + (0.204 * nem)

bdb = 0.142 + (0.55 * amo) - (0.2 * hhz)

frn1 = 0.072 + (0.845 * hsc) - (0.103 * gdb) + (0.09 * aby)

frn2 = 0.323 + (0.406 * frn1) - (0.163 * aby)

sby = 0.12 + (0.187 * hsc) + (0.663 * aby) + (0.249 * nem)

frn3 = 0.374 + (0.656 * frn2) - (0.108 * sby)

bht = 0.026 - (0.031 * sby) + (0.019 * aby)

kht = 0.017 - (0.027 * bdb) + (0.025 * gdb) + (0.062 * aby) - (0.025 * sby)

sgl = 0.899 + (0.092 * frn2) - (0.087 * frn3) + (0.055 * sby)

' hesaplanan değerlerin normalize edilmesi

frn1n = ((frn1 * frn1frk) + frn1ek)

ssun = ((ssu * ssufrk) + ssuek)

man = ((ma * mafrk) + maek)

hhzn = ((hhz * hhzfrk) + hhzek)

sbyn = ((sby * sbyfrk) + sbyek)

amon = ((amo * amofrk) + amoek)

frn2n = ((frn2 * frn2frk) + frn2ek)

gdbn = ((gdb * gdbfrk) + gdbek)

bdbn = ((bdb * bdbfrk) + bdbek)

frn3n = ((frn3 * frn3frk) + frn3ek)

```

' sonuçların sayfaya yazılması
Sheets("Sim").Cells(n, 7).Value = frn1n
Sheets("Sim").Cells(n, 8).Value = ssun
Sheets("Sim").Cells(n, 9).Value = man
Sheets("Sim").Cells(n, 10).Value = hhzn
Sheets("Sim").Cells(n, 11).Value = sbyn
Sheets("Sim").Cells(n, 12).Value = amon
Sheets("Sim").Cells(n, 13).Value = frn2n
Sheets("Sim").Cells(n, 14).Value = gdbn
Sheets("Sim").Cells(n, 15).Value = bdbn
Sheets("Sim").Cells(n, 16).Value = frn3n
Sheets("Sim").Cells(n, 17).Value = sgl
Sheets("Sim").Cells(n, 18).Value = kht
Sheets("Sim").Cells(n, 19).Value = bht

```

```

n = n + 1
Next m
Next l
Next k
Next j
Next i
End Sub

```

b) Stokastik Simülasyon

```

Sub OSim()
' karakteristiklerin min ve max değerleri
hsceb = 37
hscek = 12.25
hscfrk = hsceb - hscek
nemeb = 91.75
nemek = 9.5
nemfrk = nemeb - nemek
amoeb = 7.75
amoek = 4
amofrk = amoeb - amoek
klyeb = 15
klyek = 8
klyfrk = klyeb - klyek
abyeb = 49.5
abyek = 21.5
abyfrk = abyeb - abyek
frn1eb = 48
frn1ek = 18.25
frn1frk = frn1eb - frn1ek
ssueb = 38.5
ssuek = 25.5
ssufrk = ssueb - ssuek
maeb = 11.38
maek = 3.63
mafrk = maeb - maek
akteb = 6
aktek = 2
aktfrk = akteb - aktek
hhzeb = 279.11
hhzek = 201.5
hhzfrk = hhzeb - hhzek
sbyeb = 41.75
sbyek = 29
sbyfrk = sbyeb - sbyek
frn2eb = 88.5
frn2ek = 58.25

```

```

frn2frk = frn2eb - frn2ek
gdbeb = 11
gdbek = 8
gdbfrk = gdbeb - gdbek
bdbeb = 7
bdbek = 2
bdbfrk = bdbeb - bdbek
frn3eb = 133.25
frn3ek = 103.75
frn3frk = frn3eb - frn3ek

```

'stokastik simülasyon

For i = 2 To 101

' tesadüfi sayı üretimi

hscr1 = Rnd

nemr1 = Rnd

aktr1 = Rnd

klyr1 = Rnd

abyr1 = Rnd

' tesadüfi sayıların karşılık geldiği aralığın belirlenmesi

For j = 4 To 8

If hscr1 <= Sheets("Ols").Cells(3, 6).Value Then hscr = Sheets("Ols").Cells(3, 3).Value

If hscr1 > Sheets("Ols").Cells(j - 1, 6).Value And _

hscr1 <= Sheets("Ols").Cells(j, 6).Value Then hscr = Sheets("Ols").Cells(j, 3).Value

Next j

For j = 4 To 11

If nemr1 <= Sheets("Ols").Cells(3, 12).Value Then nemr = Sheets("Ols").Cells(3, 9).Value

If nemr1 > Sheets("Ols").Cells(j - 1, 12).Value And _

nemr1 <= Sheets("Ols").Cells(j, 12).Value Then nemr = Sheets("Ols").Cells(j, 9).Value

Next j

For j = 4 To 7

If aktr1 <= Sheets("Ols").Cells(3, 18).Value Then aktr = Sheets("Ols").Cells(3, 15).Value

If aktr1 > Sheets("Ols").Cells(j - 1, 18).Value And _

aktr1 <= Sheets("Ols").Cells(j, 18).Value Then aktr = Sheets("Ols").Cells(j, 15).Value

Next j

For j = 4 To 6

If klyr1 <= Sheets("Ols").Cells(3, 24).Value Then klyr = Sheets("Ols").Cells(3, 21).Value

If klyr1 > Sheets("Ols").Cells(j - 1, 24).Value And _

klyr1 <= Sheets("Ols").Cells(j, 24).Value Then klyr = Sheets("Ols").Cells(j, 21).Value

Next j

For j = 4 To 8

If aby1 <= Sheets("Ols").Cells(3, 30).Value Then aby1 = Sheets("Ols").Cells(3, 27).Value

If aby1 > Sheets("Ols").Cells(j - 1, 30).Value And _

aby1 <= Sheets("Ols").Cells(j, 30).Value Then aby1 = Sheets("Ols").Cells(j, 27).Value

Next j

```

Sheets("OSim").Cells(i, 1).Value = (i - 1)
Sheets("OSim").Cells(i, 2).Value = hscr1
Sheets("OSim").Cells(i, 3).Value = nemr1
Sheets("OSim").Cells(i, 4).Value = aktr1
Sheets("OSim").Cells(i, 5).Value = klyr1
Sheets("OSim").Cells(i, 6).Value = aby1
Sheets("OSim").Cells(i, 7).Value = hscr
Sheets("OSim").Cells(i, 8).Value = nemr
Sheets("OSim").Cells(i, 9).Value = aktr
Sheets("OSim").Cells(i, 10).Value = klyr
Sheets("OSim").Cells(i, 11).Value = aby1

```

' hsc, nem, akt ve kly'nin standardize edilmesi

$$hsc = (hscr - hscck) / hscfrk$$

$$nem = (nemr - nemek) / nemfrk$$

$$akt = (aktr - aktek) / aktfrk$$

$$kly = (klyr - klyek) / klyfrk$$

$$aby = (abyr - abyek) / abyfrk$$

' denklemler

$$ssu = 0.291 + (0.333 * hsc)$$

$$hhz = 0.194 + (0.475 * hsc)$$

$$ma = 0.517 + (0.187 * hhz) - (0.157 * nem) - (0.148 * hsc) - (0.187 * ssu)$$

$$gdb = 0.202 + (0.201 * hsc) + (0.288 * ma) + (0.424 * kly)$$

$$amo = 0.921 - (0.926 * ssu) + (0.438 * akt) + (0.204 * nem)$$

$$bdb = 0.142 + (0.55 * amo) - (0.2 * hhz)$$

$$frn1 = 0.072 + (0.845 * hsc) - (0.103 * gdb) + (0.09 * aby)$$

$$frn2 = 0.323 + (0.406 * frn1) - (0.163 * aby)$$

$$sby = 0.12 + (0.187 * hsc) + (0.663 * aby) + (0.249 * nem)$$

$$frn3 = 0.374 + (0.656 * frn2) - (0.108 * sby)$$

$$bht = 0.026 - (0.031 * sby) + (0.019 * aby)$$

$$kht = 0.017 - (0.027 * bdb) + (0.025 * gdb) + (0.062 * aby) - (0.025 * sby)$$

$$sgl = 0.899 + (0.092 * frn2) - (0.087 * frn3) + (0.055 * sby)$$

' hesaplanan değerlerin normalize edilmesi

$$frn1n = ((frn1 * frn1frk) + frn1ek)$$

$$ssun = ((ssu * ssufrk) + ssuek)$$

$$man = ((ma * mafrk) + maek)$$

$$hhzn = ((hhz * hhzfrk) + hhzek)$$

$$sbyn = ((sby * sbyfrk) + sbyek)$$

$$amon = ((amo * amofrk) + amoek)$$

$$frn2n = ((frn2 * frn2frk) + frn2ek)$$

$$gdbn = ((gdb * gdbfrk) + gdbek)$$

$$bdbn = ((bdb * bdbfrk) + bdbek)$$

$$frn3n = ((frn3 * frn3frk) + frn3ek)$$

' sonuçların sayfaya yazılması

Sheets("OSim").Cells(i, 12).Value = frn1n

Sheets("OSim").Cells(i, 13).Value = ssun

Sheets("OSim").Cells(i, 14).Value = man

Sheets("OSim").Cells(i, 15).Value = hhzn

Sheets("OSim").Cells(i, 16).Value = sbyn

Sheets("OSim").Cells(i, 17).Value = amon

Sheets("OSim").Cells(i, 18).Value = frn2n

Sheets("OSim").Cells(i, 19).Value = gdbn

Sheets("OSim").Cells(i, 20).Value = bdbn

Sheets("OSim").Cells(i, 21).Value = frn3n

Sheets("OSim").Cells(i, 22).Value = sgl

Sheets("OSim").Cells(i, 23).Value = kht

Sheets("OSim").Cells(i, 24).Value = bht

Next i

End Sub

EK-4: Dışsal ve Önceden Belirlenmiş Değişkenlerin Aralık ve Olasılık Değerleri

Değişken	Aralık	A.Ort	Frekans	Olasılık	Küm.Ols.
HSC	10.00-14.99	12.50	13	0.074	0.074
	15.00-19.99	17.50	46	0.263	0.337
	20.00-24.99	22.50	33	0.189	0.526
	25.00-29.99	27.50	41	0.234	0.760
	30.00-34.99	32.50	38	0.217	0.977
	35.00-39.99	37.50	4	0.023	1.000
NEM	9.00-18.99	14.00	22	0.126	0.126
	19.00-28.99	24.00	45	0.257	0.383
	29.00-38.99	34.00	32	0.183	0.566
	39.00-48.99	44.00	37	0.211	0.777
	49.00-58.99	54.00	16	0.091	0.869
	59.00-68.99	64.00	12	0.069	0.937
	69.00-78.99	74.00	7	0.040	0.977
	79.00-88.99	84.00	2	0.011	0.989
89.00-98.99	94.00	2	0.011	1.000	
AKT	2.00-3.99	3.00	156	0.891	0.891
	4.00-5.99	5.00	17	0.097	0.989
	6.00-7.99	7.00	2	0.011	1.000
KLY	8.00-9.99	9.00	39	0.223	0.223
	10.00-11.99	11.00	133	0.760	0.983
	12.00-13.99	13.00	2	0.011	0.994
	14.00-15.99	15.00	1	0.006	1.000
ABY	20.00-24.99	22.50	65	0.371	0.371
	25.00-29.99	27.50	78	0.446	0.817
	30.00-34.99	32.50	29	0.166	0.983
	35.00-39.99	37.50	1	0.006	0.989
	40.00-44.99	42.50	1	0.006	0.994
	45.00-49.99	47.50	1	0.006	1.000

EK-5: Mevcut Durumla Modelin Ürettiği Sonuçları Karşılaştırmada Kullanılan T-Testi Analiz Sonuçları

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
HSC Equal variances assumed	15509.976	.000	-98.723	9398	.000	-8.0129	8.116E-02	-8.1720	-7.8538
Equal variances not assumed			-16.248	174.054	.000	-8.0129	.4931	-8.9862	-7.0395
NEM Equal var. assumed	11801.129	.000	-34.552	9398	.000	-7.3457	.2126	-7.7624	-6.9290
Equal var. not assumed			-5.490	174.042	.000	-7.3457	1.3379	-9.9863	-4.7051
AKT Equal var. assumed	2553.929	.000	-197.566	9398	.000	-1.9513	9.877E-03	-1.9707	-1.9320
Equal var. not assumed			-34.757	174.080	.000	-1.9513	5.614E-02	-2.0621	-1.8405
KLY Equal var. assumed	6630.181	.000	329.023	9398	.000	3.6103	1.097E-02	3.5888	3.6319
Equal var. not assumed			54.657	174.058	.000	3.6103	6.605E-02	3.4800	3.7407
ABY Equal var. assumed	2900.156	.000	-50.172	9398	.000	-3.2743	6.526E-02	-3.4022	-3.1464
Equal var. not assumed			-12.010	174.254	.000	-3.2743	.2726	-3.8124	-2.7362
FRN1 Equal var. assumed	15754.496	.000	-106.440	9398	.000	-8.9752	8.432E-02	-9.1405	-8.8099
Equal var. not assumed			-17.258	174.049	.000	-8.9752	.5201	-10.0017	-7.9488
SSU Equal var. assumed	11364.924	.000	-65.693	9398	.000	-1.3960	2.125E-02	-1.4377	-1.3544
Equal var. not assumed			-9.704	174.020	.000	-1.3960	.1439	-1.6799	-1.1121
MA Equal var. assumed	9224.064	.000	43.657	9398	.000	.4155	9.517E-03	.3968	.4341
Equal var. not assumed			6.183	174.008	.000	.4155	6.719E-02	.2829	.5481
HHZ Equal var. assumed	13805.305	.000	-77.068	9398	.000	-11.8854	.1542	-12.1877	-11.5831
Equal var. not assumed			-11.737	174.029	.000	-11.8854	1.0127	-13.8842	-9.8867
SBY Equal var. assumed	12956.673	.000	-59.570	9398	.000	-2.0490	3.440E-02	-2.1164	-1.9816
Equal var. not assumed			-9.449	174.042	.000	-2.0490	.2168	-2.4770	-1.6210
AMO Equal var. assumed	15890.986	.000	-45.727	9398	.000	-.4934	1.079E-02	-.5145	-.4722
Equal var. not assumed			-6.624	174.014	.000	-.4934	7.448E-02	-.6404	-.3464
FRN2 Equal var. assumed	11258.802	.000	-55.908	9398	.000	-3.1321	5.602E-02	-3.2419	-3.0223
Equal var. not assumed			-8.208	174.018	.000	-3.1321	.3816	-3.8853	-2.3790
GDB Equal var. assumed	11536.489	.000	98.166	9398	.000	.5087	5.182E-03	.4985	.5188
Equal var. not assumed			14.061	174.011	.000	.5087	3.618E-02	.4373	.5801
BDB Equal var. assumed	13049.226	.000	-20.323	9398	.000	-.2112	1.039E-02	-.2316	-.1909
Equal var. not assumed			-2.926	174.012	.004	-.2112	7.220E-02	-.3537	-6.8738E-02
FRN3 Equal var. assumed	11961.748	.000	-25.736	9398	.000	-1.4861	5.775E-02	-1.5993	-1.3730
Equal var. not assumed			-3.641	174.008	.000	-1.4861	.4082	-2.2918	-.6805
SGL Equal var. assumed	10857.488	.000	-22.526	9398	.000	-1.44059E-02	6.3952E-04	-1.56595E-02	-1.31523E-02
Equal var. not assumed			-3.125	174.003	.002	-1.44059E-02	4.6096E-03	-2.35038E-02	-5.30803E-03
KHT Equal var. assumed	6599.929	.000	9.721	9398	.000	2.8761E-03	2.9586E-04	2.2962E-03	3.4561E-03
Equal var. not assumed			1.403	174.013	.162	2.8761E-03	2.0505E-03	-1.17086E-03	6.9231E-03
BHT Equal var. assumed	11759.382	.000	16.660	9398	.000	2.8141E-03	1.6892E-04	2.4830E-03	3.1452E-03
Equal var. not assumed			2.297	174.001	.023	2.8141E-03	1.2251E-03	3.9617E-04	5.2320E-03

Ö Z G E Ç M İ Ş

Adı ve SOYADI : Gökhan AKYÜZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 01-11-1973, Erzurum
Medeni Durumu : Evli

Eğitim Durumu

Mezun Olduğu Lise : Van Atatürk Lisesi
Lisans Diploması : Akdeniz Üniversitesi İ.İ.B.F. İktisat Bölümü
Yüksek Lisans Diploması : Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı
Tez Konusu : İmalat Sanayinde KOBİ'lerin Yeri ve Bölgesel Bir Değerlendirme
Yabancı Dil / Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetler

- Makaleler**
- Akyüz G., Sekreter M. S., “Türk İmalat Sanayiinin Bölgeler İtibariyle Verimlilik Farklılaşması ve Gruplanması”, Bilig Dergisi, Sayı:33, (2005), 63-84.
 - Sekreter M. S., Akyüz G., İpekçi Çetin E., “Şirketlerin Derecelendirilmesine İlişkin Bir Model Önerisi: Gıda Sektörüne Yönelik Bir Uygulama”, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, Sayı.8, (2004), 139-155.
 - Akyüz G., Kuruüzüm O., “İmalat Sanayiinde Ölçeğe Dayalı Verimlilik Farklılaşmaları”, İktisat İşletme ve Finans Dergisi, Sayı:209 (Ek Sayı), (2003), 115-124.
 - Sekreter M. S., Akyüz G., “Pazarlama Araştırmalarında Kullanılan Ölçeklere İlişkin Bir Yazın Taraması (1995-2002)”, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, Sayı.6, (2003), 123-150.
- Bildiriler**
- Sekreter M. S., Akyüz G., Kuruüzüm O., Irmak S., “Business Process Based Management in University Administration: A Case Study”, International Congress on Knowledge Society, Economy and Education, 24-26 March 2005, Girne American University, North-Cyprus.
 - Kuruüzüm O., Akyüz G., Sekreter M. S., Özbey N., “Üniversite Yönetiminde Kalite Yönetim Sistemi (KYS) Tasarımı: Akdeniz Üniversitesi Örneği”, II. Kalite Sempozyumu Bildiri Kitabı, Dokuz Eylül Üniversitesi, 28-30 Mayıs 2003, 227-233.
 - Kuruüzüm O., Özbey N., Sekreter M. S., Akyüz G., “Üniversite İdari Birimlerinde İş Süreçleri Kurgulaması ve Bir Uygulama”, III. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul Kültür Üniversitesi, Yayın No: 27, 19-20 Nisan 2003, 207-213.

- Kuruüzüm O., Akyüz G., “KOBİ'lerin Fonksiyonel Sorunlarını Aşmada Organize Çoklu Takasın (Barter) Yeri”, Krizden Çıkışta KOBİ'lerin Yeniden Yapılanması ve 2000'li Yıllar İçin Değişim Stratejileri Kongresi Bildiri Kitabı, Çukurova Üniversitesi, 23-24 Mayıs 2000, 303-316.

İş Deneyimi

Projeler

- Akdeniz Üniversitesi Rektörlük İş Süreçlerinin Kurgulanması (RİSK) Projesi, (2002 – 2003)
- Akdeniz Üniversitesi Evrak Kayıt Akış Programı (EKAP) Projesi, (2002 – 2003)
- Antalya Ticaret ve Sanayi Odası (ATSO) "1998 Ekonomik Raporu", (1999)

Çalıştığı Kurumlar

- Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (1998 - ~)
- Mikrotech Bilgisayar Merkezi, Eğitim Destek ve Donanım Departmanları (Yaz Dönemlerinde), İzmir, (1993-1997).
- Mikro Yazılımevi, Eğitim Destek Uzmanı, İzmir, (1992-1993).

Adres : Bayındır Mah. 336. Sok. Uslu Apt. No:24/11 ANTALYA

Tel. no : 0 242 310 64 00