

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İPLİK İŞLETMELERİ İÇİN OPTİMUM EKONOMİK VE
İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL PLANLARININ
TESBİTİ**

DOKTORA TEZİ

Yük.Müh. A. Baki ENGİN

Enstitü Ana Bilim Dalı: ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : Endüstri

EKİM 1997

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İPLİK İŞLETMELERİ İÇİN OPTİMUM EKONOMİK
VE İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL
PLANLARININ TESBİTİ

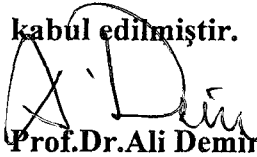
DOKTORA TEZİ

Yük.Müh. A. Baki ENGİN

Enstitü Ana Bilim Dalı: ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : Endüstri

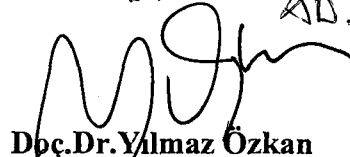
Bu tez 27/ 10/ 1997 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Prof.Dr.Ali Demir

Jüri Başkanı


Prof.Dr.Harun Taşkın

Jüri Üyesi


Doç.Dr.Yılmaz Özkan

Jüri Üyesi

ÖNSÖZ

Ülkemiz ekonomik ve sosyal hayatında önemli bir yeri olan Türk tekstil Sektörünün, Gümrük Birliği nedeni ile Uluslararası rekabet ortamında ürünlerini daha kaliteli ve daha ucuza üretmek zorunda olduğu görülmektedir. Sektörün daha kaliteli ve ucuz ürün üretmesinde en önemli unsurlardan birinin uygulanmakta olunan kalite ve proses kontrollerinin daha etkin, güvenilir ve ekonomik olarak yapılması olduğu kanaatindeyiz.

Bu tezde iplik işletmelerimizde uygulanmak üzere optimum ve ekonomik ve istatistiksel proses kontrol planlarına ait modellerin teorisi incelenmekte ve bir iplik işletmesi için optimum proses kontrol planı bilgisayar çözümüyle verilmektedir.

Tezin oluşumunda kıymetli bilgi ve anlayışları ile bana yol gösterip motive eden, huzurlu bir çalışma ortamı sağlayıp tezin hazırlanmasında yardımcı olan kıymetli hocamız Sayın Prof..Dr. Harun Taşkın'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca yakın ilgilerini gördüğüm İ.T.Ü Makina Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi ve Ana Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Yüksel Yılmaz'a işletme ile ilgili bilgiler temin etmemde değerli yardımlarından istifade ettiğim başta Akın Tekstil A.Ş. kalite müdürü Sayın Özcan Akduman'a ve diğer Akın Tekstil A.Ş. personeline, aileme ve bu tezin hazırlanmasında emeği geçen herkese teşekkür etmeyi bir vazife biliyorum.

A. Baki Engin

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2.

PROSES KONTROLUNDA KONTROL KARTLARININ YERİ VE ÖNEMİ	3
2.1 Kontrol Kartlarının Genel Teorisi	3
2.2 Kontrol Kartlarında Kontrol Limitleri	7
2.3 Kontrol Kartları İçin Çalışma Karakteristiği ve Eğrisi	8
2.4 Ortalamalar İçin Çalışma Karakteristiği	8
2.5 Kontrol Kartlarının Ekonomik Tasarımı ve Kalite Maliyetleri.....	12

BÖLÜM 3.

PROSES KONTROL PLANLARI MODELLERİNİN TANITIMI VE TEORİSİ	19
3.1 İstatistiksel Proses Kontrol Planları veya Yarı Ekonomik Planları .	19
3.2 Ekonomik Proses Kontrol Planları	29
3.2.1 Prosesteki değişimlerle ilgili öngörüler	30
3.2.2 Maliyet parametreleri	31
3.2.3 Kalite parametrelerini etkileyen sebeplerin bir tek olduğu Modeller	33
3.2.3.1 Duncan'ın tek sebepli değişim modeli	33

3.2.3.2 Diğer tek sebepli değişim modelleri	41
3.2.4 Kalite parametrelerini etkileyen sebeplerin birden fazla olduğu modeller (Çok sebepli değişim modelleri)	46
3.2.4.1 Duncan'ın çok sebepli değişim modeli	47
3.2.4.2 Knappenberger ve Grandage'nin çok sebepli değişim modeli ...	49
3.2.5 Tek ve çok sebepli değişim modellerinin karşılaştırılması	56
3.2.6 \bar{x} ve R Kartlarının ortak optimum ekonomik tasarımı	57
3.2.7 Kusurlu oranlar için kontrol kartlarının ekonomik tasarımı	59
3.3 Kontrol Kartı Parametrelerinin Ekonomik ve/veya İstatistiksel Tasarım ile İlgili Modellerin Sınıflandırılması	61

BÖLÜM 4.

OPTİMUM EKONOMİK VE İSTATİSTİKSEL KONTROL PLANI UYGULAMASI YAPILAN TEKSTİL SEKTÖRÜ VE TEKNOLOJİSİNİN TANITIMI	65
4.1 Tekstil Sektörü ve Türk Ekonomisindeki Yeri	65
4.2 Türkiye'de Pamuk ve Pamuk İpliği Üretim ve Makina Parkının Durumu.....	73

BÖLÜM 5.

İPLİKÇİLİK.....	79
5.1 Pamuk İplikçiliği Prosesi	79
5.1.1 Harman - hallaç.....	79
5.1.2 Tarak	80
5.1.3 Cer.....	80
5.1.4 Fitol	81
5.1.5 Ring	81
5.1.6 Bobin	82
5.2 Pamuk İplikçiliğinde Kalite ve Proses Kontrolü	85
5.3 İplik Üretiminde Uygulanan Kalite Kontrol Metotları	87
5.4 İplik Kalite Kontrolünde Test Şartlarının Önemi	89
5.5 İplikçilikte Kalite Test Parametreleri	89

BÖLÜM 6.

TÜRK TEKSTİL SEKTÖRÜNDE PROSES KONTROL UYGULAMALARININ GENEL DURUMU VE BİR İPLİK İŞLETMESİNDE OPTİMUM EKONOMİK VE İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL UYGULAMASI102

- 6.1 Tekstil İşletmelerimizde Kalite Kontrol Uygulamalarının Genel Durumu.....102
- 6.2 İplik Proses Kontrolünde Göz Önünde Bulundurulan Kalite Parametreleri ve Bir İplik İşletmesi İçin Optimum Ekonomik ve İstatistiksel Kontrol Planlarının Tesbiti106
 - 6.2.1 Üretim prosesinin nasıl bir proses tipi olduğunun tesbiti ve buna göre modelin seçimi107
 - 6.2.2 Tesbit edilen proses kontrol planı modeli için geliştirilen bilgisayar programında geçen parametreler ve program algoritması109
 - 6.2.3 Bir iplik işletmesinde Duncan'ın tek sebepli değişim modelinin uygulanması113
 - 6.2.3.1 Kalite parametrelerine ait model parametreleri ($\delta, \lambda, M, N, D, T, b, c, g$)'nin Tesbiti115
 - 6.2.3.2 Tarak şeridi numara ve numara varyasyonuna ait proses değişim modeli parametrelerinin tesbiti.....115
 - 6.2.3.3 Hesaplanan model parametrelerinin bilgisayar programında kullanılması ve optimum ekonomik ve istatistiksel n, k, h Değerlerinin bulunması120
- 6.3 Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n, k, h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablolarında Gösterilen Sonuçların Elde Edilişi ve Analizi128
 - 6.3.1 Maliyet analizi ve sonuçları134
 - 6.3.2 Duyarlılık analizi ve sonuçları136

BÖLÜM 7.

SONUÇ VE ÖNERİLER137

KAYNAKLAR.....139

ÖZ GEÇMİŞ142



SİMGELER ve KISALTMALAR

x_i	Kalite Parametrelerine ait münferit değer
\bar{x}	Kalite Parametrelerine ait nünunelerin ortalama değeri
$\bar{\bar{x}}$	Kalite parametrelerine ait nünunelerin ortalama değerlerinin ortalama değeri
μ	Proses kalite Parametrelerinin ortalama değeri
μ_0	Proses kalite parametreleri ortalama değerinin kontrol altında olduğu zamanki değeri
μ'	Proses kalite parametreleri ortalama değerinin değişiminden sonraki değeri
ÜKL	Kontrol kartında üst sınır değeri
AKL	Kontrol kartında alt sınır değeri
σ	Kalite parametrelerine ait proses standart sapması
$\sigma_{\bar{x}}$	Kalite parametrelerine ait nünune ortalama değerlerinin standart sapması
α	I. Tip hata: Prosesse müdahale edilmemesi gerekirken müdahale etme riski
β	II. Tip hata: Prosesse müdahale edilmesi gerekirken müdahale etmeme riski veya proses kalite parametreleri ortalama değerindeki değişimi fark edememe riski
$f(z)=\phi(z)$	Normal dağılım fonksiyonu
$a_1 = b$	Bir adet nünune almanın sabit maliyeti
$a_2 = c$	Bir adet nünune almanın değişken maliyeti
$E(T)$	Bir üretim çevrimi süresinin beklenen değeri
$E(C)$	Bir üretim çevrimi süresi boyunca prosesteki kusurlu üretimi de göz önünde bulunduran prosesin beklenen net gelir.
$E(A)$	Bir saatlik süre için prosesin net geliri
δ	Proses kalite parametreleri ortalama değerindeki değişim miktarının proses standart sapması cinsinden ifadesi
k	\bar{x} kontrol kartında alt ve üst sınırların $\sigma_{\bar{x}}$ cinsinden \bar{x} ortalama değerinden uzaklığı

$a_3 = W$	Kalite parametrelerinde meydana gelen bir değişimi ortaya çıkarmanın maliyeti
$a_3 = T$	Hatalı bir kararla aslında mevcut olmamasına rağmen proses kalite parametrelerinde değişim sebebi aramanın maliyeti
$a_4 = M$	Kalite parametresinde bir değişim olduğu zaman yani proses kontrol dışında olduğu durumda prosesin bir saatlik gelir kaybı
λ	Kalite parametrelerinde meydana gelen değişimin ortalama olarak bir saat içinde görölme sıklığı
$1/\lambda$	Prosesin kontrol altında olduğu ortalama süre (saat olarak)
g	Bir adet nümunenin alınması, test edilmesi, değerlendirilmesi ve kontrol kartına işlenmesi için gerekli ortalama süre (saat olarak)
D	Kalite parametrelerinde bir değişim olduğunda bunun araştırılması için gereken ortalama süre (saat olarak)
n	Nümune hacmi
k	Kontrol kartında kontrol limitleri genişliği $\sigma_{\bar{x}}$ cinsinden katsayı
h	Nümune alma aralığı (entervali) saat olarak
τ	Kalite parametrelerinde değişimin ortaya çıkması ile bundan hemen önce alınmış bulunan nümune alma zamanı arasındaki süre
P	Kalite parametresinde bir değişim olduğu zaman bunun kontrol kartı ile farkedilme olasılığı
p	Kusurlu oranı
$E(L) = L$	Prosesin bir saatlik üretim çevrimi boyunca beklenen gelir kaybı
V_0	Kalite parametresinde bir değişim yokken yani proses kontrol altında iken prosesin bir saatlik net geliri
V_1	Kalite Parametresinde bir değişim olduğu durumda yani proses kontrol dışında olduğu zaman prosesin bir saatlik net geliri
$E(M)$	Bir üretim çevrimi boyunca beklenen yanlış müdahale sayısı veya yanlış alarm sayısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Şans Faktöründen Kaynaklanan Değişimler Sonucu Kalite Parametrelerine Ait Numune Sonuçlarının Dağılımı	5
Şekil 2.2 Bir Kontrol Kartının Oluşturulması	6
Şekil 2.3 Ortalamalar İçin Çalışma Karakteristiği Eğrisi	12
Şekil 2.4 Proses Ortalama Değerinde Ortaya Çıkan Değişim	16
Şekil 4.1 Türk Pamuk İpliği Dış Satımı (İhracatı) 1985-1994	70
Şekil 4.2 Türk Pamuk İpliği Dış Alımı (İthalatı) 1985-1994	71
Şekil 4.3 Türkiye Pamuk İpliği Üretimi 1984-1994	75
Şekil 5.1 Pamuk İplikçiliğinde Üretim Aşamaları	84
Şekil 5.2 Penye Sistem Pamuk İplikçiliğinde Kalite Parametreleri	92
Şekil 5.3 Karde Sistem Pamuk İplikçiliğinde Kalite Parametreleri	93
Şekil 5.4 Open - End Sistem Pamuk İplikçiliğinde Kalite Parametreleri	94

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1	Ortalamalar İçin Kontrol Kartlarında μ Ortalama Değerinin Değişimine Bağlı Olarak β nın Hesaplanması.....	11
Tablo 3.1	Proses Ortalama Değeri μ nin Farklı Değerleri İçin Bir Saatlik Süre İçinde Prosesin Reddedilme Olasılıkları. $(1-\beta)$	20
Tablo 3.2	3 Sigma Limitli Kontrol Kartında Ortalamalar İçin alışma Karakteristiği.....	21
Tablo 3.3	Bir saat İçinde Alınan Toplam 16 Birimlik Nümunenin Farklı İki Plan Şeklinde Alınması Durumunda μ nn Farklı Değerleri İçin Prosesin Reddedilme Olasılıkları $(1-\beta)$	21
Tablo 3.4	Kontrol Sınırı 3.379 Sigma Olması Durumunda alışma Karakteristiği.....	22
Tablo 3.5	μ nn Farklı Değerleri için A Planındaki Kontrol Sınırının 3.379 Sigma Olarak Değiştirilmesi ile Elde Edilen C Planı ile B Planında Prosesin Reddedilmesi Olasılıkları.....	23
Tablo 3.6	$\mu = \mu_0 + 1\sigma$ Olması Durumunda Alınan İlk Nümune ve Her  Plana Göre Prosesin Kabul Edilme Olasılıkları.....	26
Tablo 3.7	$\mu = \mu_0 + 1\sigma, \sigma = \sigma_0, n=6$ Durumunda ve 3 Sigma Kontrol Limitli Kontrol Kartında Farkedilebilmesi İçin Beklenen Peryot Sayısı.....	27
Tablo 3.8	$\sigma = \sigma_0, n=16, 3$ Sigma Kontrol Limiti Kullanılması ve Peryot Ortalarında Saatte Bir Nümune Alma Durumunda μ nn Muhtelif Değerleri İçin Kesin Olarak Farkedilmesini Sağlayan Peryot Sayısı.....	28
Tablo 3.9	A, B, C Farklı Planları İçin Prosesteki Değişimin Kesin Olarak Ortaya ıkarılabilmesi İçin Beklenen Saat Sayısı.....	28

Tablo 4.1	Türkiye'nin Tekstil Dış Satımı	68
Tablo 4.2	Türkiye'nin Tekstil Dış Alımı	69
Tablo 4.3	Türkiye'nin Pamuk İpliği Dış Satımı	70
Tablo 4.4	Türkiye'nin Pamuk İpliği Dış Alımı	71
Tablo 4.5	Belli Başlı Pamuk Üreticisi Ülkelerin 1996-1997 Üretim ve Tüketim Tahminleri	72
Tablo 4.6	Dünya Pamuk Üretim, Tüketim ve Stok Miktarı Tahminleri	72
Tablo 4.7	Türkiye Pamuk Dış Satımı 1990-1995.....	74
Tablo 4.8	Türkiye Pamuk Dış Alımı 1990-1995.....	74
Tablo 4.9	Türkiye'de Pamuk Üretimi ve Tüketimi	74
Tablo 4.10	Türkiye Pamuk İpliği Üretimi	75
Tablo 4.11	Dünya Kısa Elyaf İplik ve Rotor Sayıları	77
Tablo 4.12	Türkiye'de Kurulu İğ ve Rotor Sayıları.....	78
Tablo 5.1	Harman Hallaç ve Tarak On-Line ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu	95
Tablo 5.2	Penye Makinalarında On-Line ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu (a).....	96
Tablo 5.2	Penye Makinalarında On-Line ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu (b)	97
Tablo 5.3	Cer Makinalarında On-Line ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu.....	98
Tablo 5.4	Fitil ve İplik Eğirme Makinalarında On-Line ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu	99
Tablo 5.5	Open - End İplik Makinalarında On-Line ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu	100
Tablo 5.6	Bobin Makinalarında On-Line ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu	101
Tablo 6.1	İki İplik İşletmesine Ait Makina Parkı ve Proses Kontrol Planları.....	105
Tablo 6.2	Kalite Parametrelerinin Test Edildiği Cihazlar ve Maliyetleri	120
Tablo 6.3 a)	Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n, k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu.....	121

b) Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n, k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu.....	122
c) Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n, k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu.....	123
d) Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n, k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu.....	124
e) Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n, k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu.....	125
f) Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n, k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu.....	126
g) Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n, k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu	127
Tablo 6.4 İki İşletmede Uygulanmakta Olan ve Bunlardan Birisi İçin Önerilen Proses Kontrol Planları ve Maliyetleri.....	132
Tablo 6.5 B İşletmesi İçin Önerilen Optimum Ekonomik ve İstatistiksel Kontrol Planı.....	133

ÖZET

Anahtar kelime : Kontrol Kartlarının Ekonomiksel ve İstatistiksel Dizayını, Proses Kontrol Planları

Bu çalışmada Türkiye ekonomisi içindeki payı ve önemi gittikçe artmakta olan Tekstil Sektörünün bir alt Sektörü konumundaki Pamuklu İplik Sektöründe uygulanmakta olan Proses Kontrol Planları ele alınmış ve Proses Kontrollerinin kalitesizlik maliyetini minimum yapan ekonomik ve aynı zamanda istatistiksel olarak güvenilir olabilmesi için nasıl Proses Kontrol Planı seçilmelidir sorusuna cevap aranmıştır.

Bunun için önce proses kontrolünde daha çok alınan nünunelerin miktar ve sıklıklarının belirlendiği planlar olarak nitelendirilen Proses Kontrol Planları ile ilgili olarak zamanımıza kadar yapılmış çalışmalar ve bu çalışmaların esas aldığı teoriler incelenerek bu teorileri baz alan modeller tanıtılmıştır. Daha sonra pamuk iplikçiliği proses ve teknolojisi hakkında bilgi verilerek bu proses ve teknolojiye uygun model seçilmiştir.

Seçilen bu modelle bir iplik işletmesinde uygulama yapmak ve böylece bu işletme için en uygun Proses Kontrol Planını tesbit etmek üzere model için gerekli parametrelerin tesbitine çalışılmış, bunların büyük çoğunluğu işletmeden temin edilebilmiş bazı parametreler için ise çalışmada belirtilmiş bulunan bazı kriterler göz önünde bulundurularak ön görüde bulunulmuştur. Tesbit edilmiş bulunan model parametreleri yardımıyla modelin bilgisayar çözümü gerçekleştirilerek bu işletme için Optimum Ekonomik ve İstatistiksel Proses Kontrol Planları tesbit edilmiş ve bu planlar İplik Proses Kontrolünde ihtiyaç duyulan on dört kalite parametresi için ayrı ayrı belirlenmiştir.

Ayrıca model parametrelerinin tesbitinde yapılmış olunabilecek olası hatalara karşı elde edilmiş bulunan sonuçların ne şekilde etkilenebileceği yapılan duyarlılık analizi ile irdelenmiş ve yine yapılan öngörüler çerçevesinde bu işletmelerin tesbit edilmiş bulunan Optimum Ekonomik ve İstatistiksel Kontrol Planlarını uygulaması halinde elde edeceği parasal kazanç gösterilmiştir.

SUMMARY

Key words : Economic Control Chart, Economic Design, Statistical Process Control, \bar{X} Control Chart

In this study, the importance of process control plans in cotton yarn sub - sector of textile industry was examined taking the considerably increasing importance of textile industry in Turkish economy into account, and optimal solution procedures for process control plans studied for achieving minimum cost and acceptable statistical confidence for a certain level of quality.

First the state of the art, technology in process control plans based on sampling procedure defining sample size and sampling intervals was carried out with an extensive literature review. This included details of theories employed and models developed by using these theories. Afterwards, cotton yarn technology was analysed and a suitable model for this technology was recommended.

In order to employ the suggested model in a cotton yarn company a domain analysis was carried out to collect data and define most of parameters of the model. The remaining parameters were estimated taking several criteria under some consideration. The model which was designed using the parameters already defined was solved using computer program and related optimum economic and statistical process control plans were produced. These plans were defined for fourteen parameters usually required in the process control of cotton yarn industry.

Sensitivity analysis were also performed in order to find out the effect of errors in defining the parameters of the model.

After all under several assumptions, monetary benefits of employing the selected plans for selected yarn companies, were shown.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Proses kontrolunda daha çok nümune hacimlerinin ve nümune alma aralıklarının belirlendiği planlar olarak bilinen Proses Kontrol Planları işletmelerin teknolojik düzeyi, ürettikleri ürün nevi ve miktarı, sahip oldukları kalite performansı gibi hususların göz önünde bulundurulup belirli matematiksel modeller yardımı ile, tesbit edilmesi gereken planlardır. Bu şekilde tesbit edilmiş planlar çerçevesinde yapılacak proses kontrolleri daha etkin, daha güvenilir ve daha ekonomik olacaktır.

Bir pamuk iplik işletmesi için belirli istatistiksel güvenilirlik ve ekonomik kriterlerin göz önünde bulundurulup optimum ekonomik ve istatistiksel nümune hacimleri ve nümune alma aralıkları (entervalleri) nin tesbit edilmesi ve bu yapılırken her hangi bir endüstri dalına ait işletmeninde istifade edebileceği modellerin tanıtımı ve kullanımına ilişkin esasların belirtilmesi bu tezin amacını teşkil etmektedir.

Türkiye ekonomisine ihracat, istihdam ve katma değer yönünde önemli bir katkısı olan tekstil sektörünün bir alt sektörü durumundaki iplik sektöründe mevcut iplik işletmelerinin Avrupa ve Gümrük Birliği gibi oluşumlar nedeni ile kalite, verimlilik ve rantabilite gibi hususlara daha duyarlı olmak mecburiyetindedir. Bu nedenle hammadde, enerji ve işgücü gibi kaynakların israf edilmeden ekonomik olarak kullanılması gerektiği gibi işletmelerde uygulanmakta olan proses ve kalite kontrollerinde ekonomik ve optimum olarak yapılmasını gerektirmektedir. Oysa bugün gerek makine parkı düzeyi ve gerekse laboratuvar imkanları yönünden oldukça iyi bir durumda olan işletmelerimizde bile uygulanmakta olan proses kontrollerinin ileride kriterleri ortaya konulacak olan optimum ekonomik proses kontrol planları çerçevesi içersinde yapıldığını söylemek oldukça zordur.

İplik işletmelerinde uygulanmakta olan proses kontrol planları ya yabancı bir danışmanlık firmasının önerisi veya bir başka işletmeden alınmış proses kontrol planları olup daha öncede belirtildiği gibi işletmelerin kendi şartlarını göz önünde bulundurmeyen dolayısıyla optimum olduğu şüpheli proses kontrol planlarıdır. Bu işletmelerin pek azında kontrol kartı uygulaması olup, ileride görüleceği üzere uygulanan bir proses kontrolün etkin ve ekonomik olabilmesinde kontrol kartları kullanımının gerekli olduğu ve bu kartlarda kullanılan kontrol limitlerinin numune hacmi ve numune alma aralıkları ile birlikte göz önünde bulundurulup birlikte optimize edilme gereği vardır. Bu optimizasyon yapılırken o işletmenin kendine özgü kalite parametreleri, bu kalite parametrelerinde meydana gelen değişimlerin büyüklüğü, zaman süreci içerisinde ortaya çıkışı, dağılımı, numune alma , değerlendirme, bozuk veya hatalı ürün maliyeti gibi hususlar göz önünde bulundurulmakta ve böylece optimal çözüme gidilmektedir. Oysa daha öncede ifade edildiği gibi mevcut proses kontrol planları statik, tekdüze, o işletmenin genel kalite performansını ve maliyet unsurlarını göz önünde bulundurmeyen dolayısıyla optimal olmayan kalite kontrol planlarıdır.

Bununla beraber optimum çözümleri ortaya koyarken kullanılan modellerde gerekli olan dataların tespitinin kolay bir iş olmadığını belirtmek gerekir. Zira modellerde gerekli görülen dataların bir kısmı geçmişe dönük, bir kısmı ise kalite parametrelerindeki herhangi bir bozulmanın ürünün değerine veya maliyetine ne şekilde yansıtacağına tam olarak belirlenmesi oldukça güç datalardır. Bu bakımdan optimal çözümler ortaya konulduktan sonra olabilecek muhtemel hataların elde edilen sonuçları ne şekilde etkileyebileceğini görebilmek için duyarlılık analizine ihtiyaç duyulmalı ve sonuçlar irdelenmelidir.

BÖLÜM 2. PROSES KONTROLUNDA KONTROL KARTLARININ YERİ VE ÖNEMİ

2.1 Kontrol Kartlarının Genel Teorisi

Kontrol kartları tekrarlı proseslerin kontrolü ve incelenmesi için kullanılan bir araçtır. Bu kartların tasarımcısı Dr. Walter Shewart "Bu kartların önce yöneticilerin varmak istedikleri standart ve amaçların tanımlanması, ikinci olarak bu amaçlara ulaşılmasında bir araç olarak kullanılması ve üçüncü olarak bu amaca ulaşılmamasının sebebini araştırmada kullanılabileceğini" söylemekte ve yine "Bu kartlar spesifikasyonların belirlenmesi, üretim ve muayene aşamalarında kullanılmalıdır" demektedir [1].

Kontrol kartları teorisinin temelinde kalitedeki değişim sebeplerinin farklılığı bulunmaktadır. Endüstride bu görüşün benimsenmesi ile prosesde ki değişimlerde pek az etkisi olan şans faktörlerinin tanınması mümkün olabilmıştır. Bu şans değişimleri prosesin her bir faktörüne ait kompleks şans sebeplerinin etkilerinin bir toplamıdır. Bu şans sebepleri tıpkı bir paranın yukarı atılması ile paranın yazı veya tura gelmesine sebep olan ve tamamen şanstan ileri gelen sebepler gibidir.

Kalitede şans değişimlerine ilaveten "anamlı" sebeplerde mevcuttur, ve bu sebepler diğer şanstan kaynaklanan değişimlere nazaran daha büyüktürler. Bu anlamlı sebeplerden en önemlileri şunlardır ;

- 1) Tezgahlar arasındaki farklılıklar
- 2) İşçiler arasındaki farklılıklar
- 3) Malzemeler arasındaki farklılıklar

- 4) Fazla çalışma durumlarında bu faktörlerin her birinde meydana gelebilecek farklılıklar.
- 5) Bu faktörlerin birbirlerini etkilemesinde meydana gelebilecek farklılıklar

Şans faktörlerinin değişimi bir zaman ekseninde veya başka bir ekseninde gösterilecek olursa, bunların tesadüfi bir şekilde dağıldığı ve bunların herhangi bir çevrim (cycle) veya ardışık noktalar meydana getirmediği görülecektir. Böylece meydana gelebilecek değişimleri geçmiş bilgilerden istifade ile önceden tahmin etmek mümkün olabilecektir.

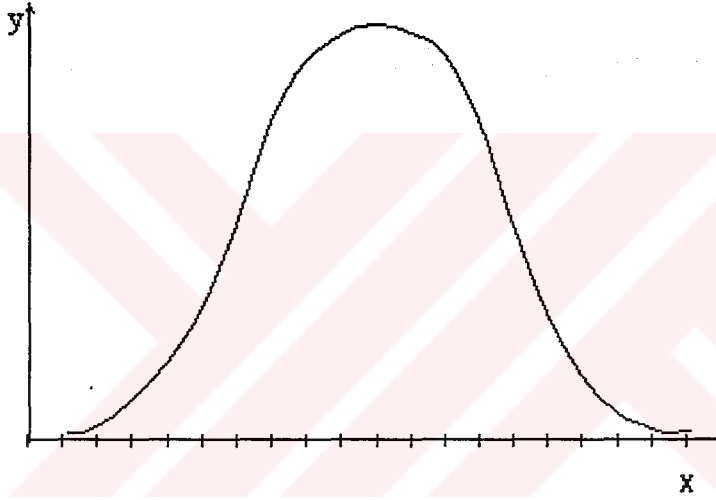
Diğer taraftan şans faktörlerinin değişiminin bazı istatistik kanunlarını izlemekte olduğu görülmektedir. Mesela bir paranın atılımı sonucu meydana gelecek durum Binom dağılımı ile belirlenebilmektedir. Şans sebeplerinden (faktörlerinden) meydana gelebilecek değişimler bu şekilde önceden tahmin edilebilmekte, bununla beraber özel sebeplerin etkisi ise önceden tahmin edilememektedir.

Şans faktöründen kaynaklanan değişimler ile ilgili bilgiler kontrol kartlarının temelini teşkil etmektedir. Şayet bir grup veri incelenir ve bu verideki değişimlerin hangi modele uyduğu tesbit edilirse bunun şans faktöründen meydana geldiği ileri sürülebilir ve o zaman denilebilir ki bu durumda herhangi anlamlı bir sebep mevcut değildir, bu değişimleri meydana getiren sebep veya şartlar da kontrol altındadır.

Kontrol altında olmanın anlamı ise işin içinde sadece şans faktörlerinin mevcut olması ve değişimin (varyasyonun) karakteri ve miktarının önceden öngörülebilir, tahmin edilebilir, olmasıdır. Diğer taraftan verideki değişimler her hangi bir istatistiksel modele uymaz ise ki aslında bu durum pekala şans faktöründen ileri gelebilir, o zaman bir veya birden fazla anlamlı bir sebebin mevcudiyetinden bahsedilebilir. Bu durumda ise değişimi meydana getiren şartların veya sebeplerin kontrol dışında olduğu söylenir [1].

Bir prosesten düzgün veya düzgün olmayan aralıklarla (entervallerle) belirli bir konumda örnekler alındığı kabul edilsin ve her bir numuneye ait x istatistiği hesap edilsin. Bu x istatistiği bir ortalama değer, bir kusurlu oran veya ranj gibi bir ölçüt olabilir. Eğer anlamlı bir sebep mevcut değil ise bu numunelere ait x değerindeki değişimler belirli bir istatistiksel modele uygun olacaktır.

Şayet yeteri kadar numune alınırsa bu numunelerin oluşturduğu dağılımın ortalama değerini veya bu dağılımın bazı ekstrem noktalarını tahmin etmek mümkün olabilecektir.

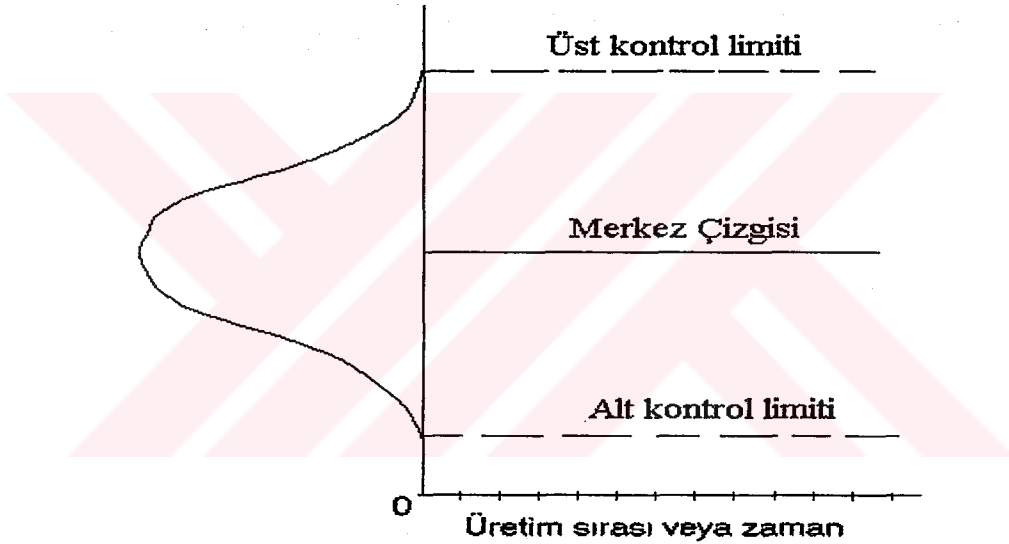


Şekil 2. 1 Bir kalite parametresine ait numune sonuçlarının şans faktöründen kaynaklanan değerinin dağılımı

Bu x istatistiği dağılımı normal bir formda ise numunelere ait ortalama değerden x istatistiğine ait ortalama değer ve numune içi varyasyondan x istatistiğine ait dağılımın standart sapmasını tahmin etmek mümkün olabilecektir.

Şayet kartın düşey eksen ölçeği x değerine kalibre edilir ve gene yatay eksen ölçeği zamana veya x i sıralayacak herhangi bir kritere göre tespit edilerek x istatistiğinin ortalama değerinden bir doğru ve yine bu dağılımın kuyruklarındaki uç noktalardan birer doğru çizilecek olursa x için kontrol kartı çizilmiş olur (şekil 2.1) .

x e ait numune değerlerinin sonuçları zaman veya başka bir skalaya göre işaretlendiğinde bu noktalar kontrol limitlerinin içine düşer ve aynı zamanda bu noktalar ortalama değer üzerinde peş peşe ardışık noktalar meydana getirmez veya kontrol limitleri içinde kalırsa bile bu noktalar yükseliş veya alçalış trendi göstermezler ve yine bu noktalar periyodik çevrimler (tekrarlar) göstermezler ise bu takdirde prosesin verilen bir kalite düzeyinde kontrol altında olduğundan bahsedilebilmektedir. Ancak Dr. Walter A. Shewhart bir prosesin istatistiksel olarak kontrol altında olduğundan bahsedebilmek için alınan numunelerin belirli bir hacimde olması ve prosesin belirli bir süre izlenmesi gereğini önemle belirtmiş ve bunun için basit bir kriter olarak 4 erlik ve ardışık 25 numune alınmadıkça prosesin kontrol altında olduğuna hükmedilmemesi gerektiğini vurgulamıştır.



Şekil 2.2 Bir kontrol kartının oluşturulması

Yine önemle vurgulamaktadır ki “Şayet limitler dışına çıkan hiçbir nokta olmasa ve limitler içinde de tesadüfi olmayan bir değişim görülme bile bu durum proseste anlamlı değişimler mevcut değildir anlamına gelmez.” Bu basitçe “prosesteki değişimlerin tesadüfi olduğuna hükmedilip anlamlı sebepler aramanın veya bu değişimlere bir anlam atfedip araştırmalarda bulunmanın faydalı ve karlı bir şey olmadığı anlamındadır” denilmektedir[1].

2.2 Kontrol Kartlarında Kontrol Limitleri

Optimum proses kontrol planlarını oluştururken optimizasyon numune hacmi, numune alma aralıkları (entervalleri) ve kontrol limitleri genişliği gibi üç parametre birlikte göz önünde bulundurulmaktadır. Kontrol limitleri ile ilgili olarak Duncan [1] şunları ifade etmektedir:

"Kontrol kartlarında limitler genel olarak 0.001 olasılık limitleridir. Öyle ki işaretlenen bir noktanın şans faktörü ile kontrol limitleri dışına çıkması olasılığı yukarı ve aşağı limitlerin her biri için 0.001 dir. Bu limitleri kullanmak bir alışkanlık olmuştur, ancak zaruri değildir. Şayet şans faktörleri x için değişimler meydana getirmiş ise ve bu değişim bir normal dağılım izlemiş ise 0.001 olasılık sınırları pratik olarak 3σ limitine eşittir. Normal eğri için ortalamadan bir yönde 3σ kadar sapmanın olasılığı 0.00135 veya her iki yönde 0.0027 kadardır. Bu bakımdan pratik olarak yukarı ve aşağı yönlere doğru 0.001 limitleri de denilmektedir."

A.B.D. de x değerinin dağılımı normal olsa da olmasa da kontrol limitleri olarak 3σ değeri alınmaktadır. Aslında eğrinin sağa ve sola doğru eğik olmasıyla bu olasılıklar eşit olmaktan çıkacaktır, fakat bu fark ihmal edilmektedir. Mesela kalitedeki değişimler normal bir dağılıma değil de poisson dağılımına uyuyor ise (örnek olarak $p, n = 0.8$ ise) bu durumda 3σ kontrol limitlerinin kullanılması durumunda yukarı limitleri dışına çıkma ihtimali 0.001 den 0.009 a yükselecek ve aşağı limitin dışına çıkma ihtimali ise 0.001 den sıfıra düşecektir ve net fark 0.008 olacaktır.

3σ limitleri pratikte oldukça iyi sonuçlar vermekle beraber bazı durumlarda 2σ ve hatta bazen 1.5σ kontrol limitlerinin 3σ kontrol limitlerinden daha ekonomik olduğu ve İngiliz bilim adamlarının 3σ eylem veya aksiyon limitine ilaveten 2σ limitlerinin de ikaz limitleri olarak kullanılmakta olduğu gene aynı yazar tarafından ifade edilmektedir.

2.3 Kontrol Kartları İçin Çalışma Karakteristiği ve Eğrisi

Proses kontrolünde kullanılan kontrol kartlarının etkinliğinin yani prosesin kontrol altında olup olmadığı konusunda varılan yargının isabet derecesinin kart parametrelerine ve prosesteki değişime bağlı olarak nasıl değiştiğini görebilmek için istifade edilen en önemli araçlardan birisi çalışma karakteristikleri ve bunların eğrileridir. Bir çalışma karakteristiği eğrisi aslında proses kalite parametrelerinin istenen bir değeri için yapılan hipotez testidir [2]. Kontrol kartları çalışma karakteristikleri değişkenler (variables) ve özellikler (attributes) için ayrı ayrı oluşturulmakta ve böylece mesela proses ortalamalarındaki veya proses kusurlu oranındaki değişimler karşısında kontrol kartlarının etkinliği analiz edilmektedir.

2.4 Ortalama İçin Çalışma Karakteristiği

Bu karakteristikler bir parti veya prosesin kabul edilme olasılıklarını veren çalışma karakteristikleridir [2]. Ortalamalar için bunun manası proses ortalaması μ nün muhtemel her bir değeri için prosesin kontrol altında olma olasılığı başka bir ifade ile prosese müdahale etmeme olasılığıdır. Bu olasılık 3 sigma kontrol limiti kullanılması, proses değişkenliği σ nın sabit kalması ve dağılımın normal olması durumunda $\beta=0.9973$ dir. Prosesin reddedilme olasılığı α ise;

$$\alpha = (1-\beta) = (1-0.9973) = 0.0027$$

olup bu ise proses ortalamasında bir değişim yok iken prosese müdahale etme olasılığı demektir.

Çalışma karakteristiği matematiksel olarak ;

$$\beta(z) = \int_{z_1}^{z_2} f(z).dz \quad 2.1$$

olarak ifade edilmektedir. Burada

$$z_1 = \frac{AKL - \mu}{\sigma_{\bar{x}}} \quad \text{ve} \quad z_2 = \frac{UKL - \mu}{\sigma_{\bar{x}}}$$

ve $f(z)$ normal dağılım fonksiyonudur.

Buna göre Cowden proses ortalama değerinde meydana gelebilecek değişmelere (shiftlere) göre kontrol kartının nasıl çalıştığını göstermek üzere alınacak n hacimli (birimli) numunelerle bu prosesin kabul edilme veya reddedilme olasılıklarını göstermiştir.[2].Örnek olarak üretilmekte olan bir ipliğin beklenen;

mukavemet değerinin $\mu_0 = 65.87$ gr ve

standart sapması $\sigma_0 = 2.895$ gr

olduğunda ve proses değişkenliğinde (proses değerlerinin dağılımında) bir değişme olmadığı kabul edildiğinde yani $\sigma = \sigma_0$ olması durumunda proses ortalama değerinde meydana gelebilecek muhtemel değişmelerde prosesin kabul edilme olasılıklarını göstermiştir. Bunun için $n=4$ hacimli nümune ve 3 sigma kontrol limiti seçilmiştir.

Buna göre Alt ve Üst kontrol limitleri;

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{2,895}{\sqrt{4}} = 1,4475$$

ve

$$AKL = \mu_0 - 3\sigma_{\bar{x}} = 65.87 - 3 \times 1.4475 = 61.53 \text{ gr}$$

$$UKL = \mu_0 + 3\sigma_{\bar{x}} = 65.87 + 3 \times 1.4475 = 70.21 \text{ gr}$$

olarak hesaplanmaktadır.

Bu durumda proses ortalama değeri $\mu_0=65,87$ gr dan $\mu=61,73$ gr değerine düşmüş ise böyle bir durumda kontrol kartı ile bu proses ortalama değerinin değişmediğine hükmetme dolayısı ile prosesin kabul edilme olasılığı;

$$\beta(\mu) = \int_{z_1}^{z_2} f(z) dz$$

değeri

$$z_1 = \frac{AKL - \mu}{\sigma_{\bar{x}}} = \frac{61,53 - 61,73}{1,4475} = -0,1382$$

$$z_2 = \frac{UKL - \mu}{\sigma_{\bar{x}}} = \frac{70,21 - 61,73}{1,4475} = 5,858$$

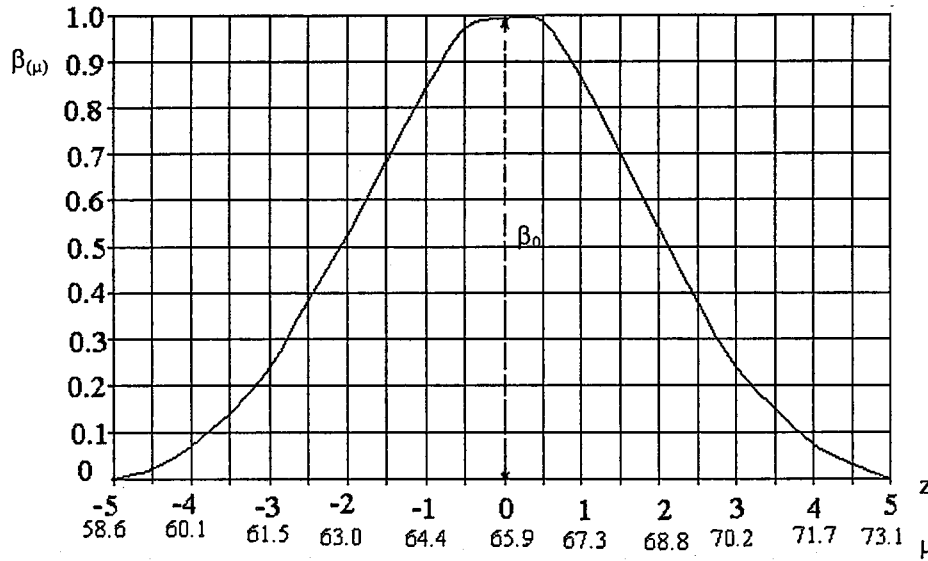
$$\beta(\mu) = \int_{-0,1382}^{5,858} f(z) \cdot dz = 0,555$$

olmaktadır. Burada da gene $f(z)$ Normal dağılım fonksiyonudur.

μ nün alabileceği farklı değerler karşısında $\beta(\mu)$ nün alacağı değerler tablo 2.1 de ve bu μ değerlerine tekabül eden $\beta(\mu)$ değerleri için çalışma karakteristiği eğrisi şekil 2.3 de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Ortalamalar İçin Kontrol Kartında μ Ortalama Değerinin Değişimine Bağlı Olarak β nın Hesaplanması (Kontrol Limitleri $\mu_0 + \sigma_{\bar{x}}$ ve $\sigma = \sigma_0$)

$\frac{\mu_0 - \mu}{\sigma}$ z	$\frac{\mu_0 - \mu}{\sigma_{\bar{x}}}$ z*	$\frac{AKL - \mu}{\sigma_{\bar{x}}}$ (z ₁)	$\frac{UKL - \mu}{\sigma_{\bar{x}}}$ (z ₂)	$\int_{z_1}^{\infty} f(z) dz$ (Q ₁)	$\int_{z_2}^{\infty} f(z) dz$ (Q ₂)	Q ₁ -Q ₂ $\beta(\mu)$
-3.00	-6.0	-9.0	-3.0	1.00000	0.99865	0.00135
-2.75	-5.5	-8.5	-2.5	1.00000	0.99379	0.00621
-2.50	-5.0	-8.0	-2.0	1.00000	0.97725	0.02275
-2.25	-4.5	-7.5	-1.5	1.00000	0.93319	0.06681
-2.00	-4.0	-7.0	-1.0	1.00000	0.84134	0.15866
-1.75	-3.5	-6.5	-0.5	1.00000	0.69146	0.30854
-1.50	-3.0	-6.0	0.0	1.00000	0.50000	0.50000
1.25	-2.5	-5.5	0.5	1.00000	0.30854	0.69146
-1.00	-2.0	-5.0	1.0	1.00000	0.15866	0.84134
-0.75	-1.5	-4.5	1.5	1.00000	0.06681	0.93319
-0.50	-1.0	-4.0	2.0	0.99997	0.02275	0.97722
-0.25	-0.5	-3.5	2.5	0.99977	0.00621	0.99356
0.00	0.0	-3.0	3.0	0.99865	0.00135	$\beta_0=0.9973$
0.25	0.5	-2.5	3.5	0.99379	0.00023	0.99356
0.50	1.0	-2.0	4.0	0.97725	0.00003	0.97722
0.75	1.5	-1.5	4.5	0.93319	0.00000	0.93319
1.00	2.0	-1.0	5.0	0.84134	0.00000	0.84134
1.25	2.5	-0.5	5.5	0.69146	0.00000	0.69146
1.50	3.0	0.0	6.0	0.50000	0.00000	0.50000
1.75	3.5	0.5	6.5	0.30854	0.00000	0.30854
2.00	4.0	1.0	7.0	0.15866	0.00000	0.15866
2.25	4.5	1.5	7.5	0.06681	0.00000	0.06681
2.50	5.0	2.0	8.0	0.02275	0.00000	0.02275
2.75	5.5	2.5	8.5	0.00621	0.00000	0.00621
3.00	6.0	3.0	9.0	0.00135	0.00000	0.00135



Şekil 2.3 Ortalama için Çalışma Karakteristiği Eğrisi (Kontrol limitleri $\mu_0 + z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, $\sigma = \sigma_0$ ve biliniyor $\mu = \mu_0 + z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, $\mu_0 = 65.87$, $\sigma = 2.895$, $n=4$)

2.5 Kontrol Kartlarının Ekonomik ve İstatistiksel Tasarımı ve Kalite Maliyetleri

Optimum Ekonomik ve İstatistiksel Proses Kontrol Planının oluşturulmasında Kontrol kartlarının ekonomik ve istatistiksel tasarımı önemli bir rol oynamaktadır. Böylece kontrol kartlarının tasarımında sadece istatistiksel görüşler değil aynı zamanda kalite maliyetleri gibi ekonomik kriterler de göz önünde bulundurulmaktadır. Bu tür optimum planlar sadece proses kontrolde değil kalite kontrolün diğer kabul muayenesi ve bitmiş mamul muayenesi planları için de kullanılmaktadır[3], [6].

Ekonomik proses kontrolde olsun ekonomik, kabul ve bitmiş mamul muayenelerinde olsun amaçlanan hedef kalite maliyetlerinin minimizasyonudur.

Kalite maliyetlerini Juran American Society for Quality Control'un kalite maliyetleri tanımlanmasını benimseyerek bunları başlıca dört kategoride müteala etmiştir[4].

- 1) Önleyici tedbirlerin (Prevention) maliyeti: Bunlar kısaca Kalite sistemleri oluşturulması ve devam ettirilmesi maliyetleridir.
- 2) Değerlendirme maliyeti (Appraisal) : Hammadde, yardımcı madde, işletme malzemesi ve bitmiş mamuller ile ilgili olarak spesifikasyon ve standartlara uygunluğun ölçülmesi, değerlendirilmesi maliyetleri.
- 3) İşletmede fark edilen bozuk ve hatalı ürün veya mamullerin maliyeti (Internal failure) : Bunlar işletmede fark edilen ve spesifikasyonları karşılamayan malzeme, ürün veya mamullerin maliyetidir.
- 4) Müşteri tarafından fark edilen bozuk ve hatalı ürün veya mamullerin maliyeti (external failures) : Bunlarda müşteri tarafından fark edilen ve spesifikasyonları karşılamayan malzeme, ürün veya mamullerin maliyetidir.

Simmons [5] da Juran'a benzer bir maliyet sınıflandırması yapmakla beraber universal bir kalite maliyeti tarifinin ve tesbitinin olmadığına işaret etmekte ve maliyet unsurlarını önleme (prevention), değerlendirme (appraisal) ve bozuk hatalı (failure) ürün maliyetleri olarak üç kategoride müteala etmekte ve toplam kalite maliyetleri içinde genel olarak önlem alma maliyetlerinin %5 veya daha az, değerlendirme maliyetlerinin %25 ve kusurlu, bozuk yarı mamul ve mamul maliyetlerinin ise %70 ağırlığı olduğunu ifade etmektedir. Hansen [6] de kalite maliyetlerini Simmons gibi üç kategoride müteala etmekte ve General Electric şirketinde yapılan kalite maliyeti çalışmalarında yılın 1. ve 2. çeyrekleri itibarı ile

Önlem (prevention) maliyetleri için % 7.7 - %6.4

Değerlendirme (appraisal) maliyetleri için %23.8 - %23

Bozuk ve hatalı ürün (failures) %68.5 - %70.6

değerlerinin tespit edildiğini ifade etmektedir. Ayrıca bu üç tür maliyet kategorisi ile ilgili yapılan regresyon ve korelasyon analizinde bunların katma değer, net satışlar ve direkt işçilik ile bağlantısının olduğunu ve bu rasyoların yılın 1. ve 2. çeyreği için ;

Katma değer % 10.2 - % 10.7

Net satışlar..... % 7.8 - % 8.2

Direkt işçilik% 10.5 - % 10.6

olarak tespit edildiğini ifade etmektedir.

Kıysaca değindiğimiz bu kalite maliyetlerinin çalışma konusunu teşkil eden optimum istatistiksel ekonomik kontrol planları ile olan ilgisine gelince şunları ifade etmek mümkündür:

Bu planların amacı proses karakteristiklerinden birinde bir değişim söz konusu ise bu değişimin veya bozulmanın meydana getireceği maliyeti ve kaybı belli bir maliyetle yapılacak proses kontrolü ile çok daha az bir maliyete ve kayba indirgemektir. Bunu gerçekleştirmek amacıyla kullanılan kontrol kartları daha öncede belirtildiği gibi bir hipotez testi aracı olarak kullanılmaktadır. Bu hipotez prosesin belli bir kalite düzeyinde kontrol altında olduğu hipotezdir. Bu hipotezi test etmede iki tip hatalı karar verilmesi söz konusudur. Bunlar bilindiği üzere iki türdür. 1. Tip hata hipotez doğru iken reddetmek yani proses karakteristiğinde gerçekte bir bozulma, bir değişim söz konusu değilken hatalı bir karar vererek proses karakteristiğinde bir değişimin bir bozulmanın olduğuna hükmederek gereksiz yere prosese müdahale etmek ve böylece bir takım kayıp ve maliyetlerin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Diğer hata ise 2. Tip hata olup hipotez yanlış iken bunu kabul etmek yani proseste gerçekten bir değişim, bir bozulma söz konusu olduğu halde bunun farkında olunulmaması ve dolayısıyla prosese müdahale etmemek gibi hatalı bir karar vererek bu hatalı karar sonunda bozuk ve hatalı ürünlerin meydana getireceği kayıp ve maliyetlere sebep olmaktadır.

Proses kontrolden amaç ise bu her iki tip hatayı da mümkün olduğu kadar az yapmaktır. Bu da verilecek kararın isabet derecesine bağlı olup bunun ilk bakışta sık

periyotlarla ve fazla numune alma ile sağlanabileceğini akla getirmektedir. Bu ise numune alma maliyetlerinin artması demektir. O halde tüm bu maliyetlerin dengelenmesi veya başka bir ifade ile kaçınılmaz olan bu maliyetlerin minimize edilmesi gerekmektedir.

Bu optimizasyonla ilgili bir çok teori ve modeller geliştirilmiş ve bu modellerden bazıları için bilgisayar programları verilmiştir. Bu modellerin bir kısmı sadece istatistiksel modeller olup maliyet unsurlarını göz önünde bulundurmeyen modellerdir. Bununla beraber bu modellerdeki amaçın, prosesteki değişimi (shift) en az bir hata ile ortaya çıkaracak toplam numune miktarını en az yapmaya yönelik modeller olması nedeni ile bunlara yarı ekonomik modellerde denilmektedir. Ancak bu modeller tam optimum modeller olmayıp konunun daha iyi anlaşılması bakımından bunlardan ileride bahsedilecektir.

Bu modellerin tanımına girmeden evvel istatistiksel ve ekonomik bir proses kontrol planına olan ihtiyacın anlaşılması bakımından Kirkpatric şu örneği vermektedir [3].

Örnek: Nominal değeri 0.5250 mm olan bir proses karakteristiği amaçlanmaktadır. Ürünün spesifikasyon değerleri 0.5250 ± 0.005 mm ve daha önceki bilgilerden σ_x değerinin 0.0002 mm olduğu bilinmektedir.

Prosesten saatte 1000 parça ürün alınmaktadır. Proses karakteristiği ortalamasında ortalama 10 saatte bir değişim olmakta ve proses karakteristiği ortalamasında bir değişim olduğu zaman nominal değer 0.5250 mm değerinden 0.5254 değerine gelmektedir.

Ürünün karakteristik değerinin normal bir dağılım gösterdiği kabul edilmekte ve proses hatalı oranının (π) proses karakteristiğindeki değişimden önce 0.0124 ve değişimden sonra 0.3085 oranında olduğu bilinmektedir.

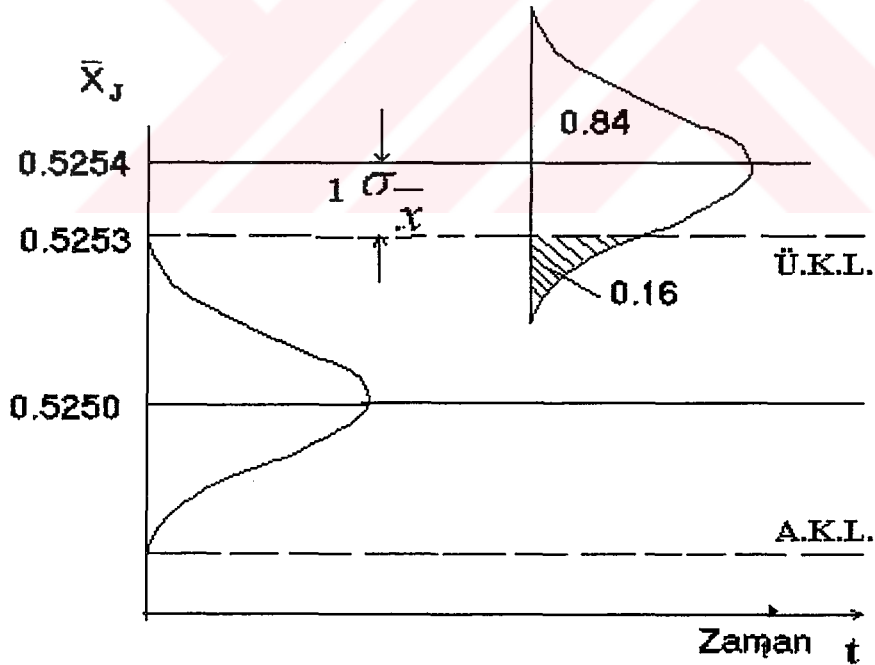
Brim numune almanın değişken maliyeti 10000 TL, bir numune birimine düşen sabit maliyet 1.000.000 TL, birim hatalı ürünün maliyeti 500.000 TL dir.

Numunelerin saate bir alındığı kabul edildiğinde proste bir değişim meydana gelmiş ise iki numune alma aralığında bozuk üretim artışından dolayı meydana gelecek maliyet artışı :

$$1000 (0.3085 - 0.0124) \cdot (500.000) = 148.000.000 \text{ TL}$$

olacaktır (yaklaşık olarak).

Bu maliyet artışının miktarı geçecek süreyle orantılı olup bu süre proses ortalamasındaki değişimin ne kadar çabuk fark edileceğine bağlıdır. Şayet numune hacmi $n=4$ ve kontrol limitler $\pm 3\sigma_{\bar{x}}$ olarak alınırsa 4 birimlik tek bir numune alınması ile proses ortalamasının 0.5250 den 0.5254 değerine sıçraması durumunda bu değişimi (shift) yakalama olasılığı 0.84, P_{2j} prosteeki j ninci değişimde bu değişimi fark edememe olasılığını gösterirse bu olasılık $(1-0.84)=0.16$ olacaktır.



Şekil 2.4 Proses Ortalama Değerinde Ortaya Çıkan Değişim (Şift)

Değişimin mutlaka yakalanabilmesi için gerekli 4 er birimlik numune sayısı

ise

$$\frac{1}{1-p_{21}} = \frac{1}{1-0.16} = 1.191$$

olarak bulunmaktadır.

Proseste değişim meydana gelme olasılığının numune alma aralıkları ile orantılı olduğu kabul edilir ve numunenin bu aralığın ortasında alındığı kabul edilirse o zaman değişimin ortaya çıkarılabilmesi için gerekli üretim süresi;

$$\frac{1}{1-p} - 0.5$$

olmaktadır.

Kusurlu üretimden dolayı üretim kaybı ise böylece

$$148.000.000 (1.191 - 0.5) = 102.000.000 \text{ TL}$$

olacaktır.

Ortalama olarak 10 saatte bir proseste değişim olduğu kabul edildiğine göre 1 saatte beklenen değişim miktarı 0.1 olur. Bu durumda gelir kaybı ise;

$$102.000.000 \times 0.1 = 10.200.000 \text{ TL}$$

ve

Numune almanın toplam maliyeti;

$$1.000.000 \text{ TL} + 4 \times 10.000 \text{ TL} + 3.000 \text{ TL} = 1.043.000 \text{ TL}$$

olmaktadır.

(Sabit maliyet + Değişken maliyet + yanlış yere prosese müdahale etme maliyeti)
Buradaki yanlış yere prosese müdahale etme maliyeti 3.000 TL şu şekilde hesaplanmaktadır. Prosese yanlış yere müdahale etme olasılığı, kontrol limitleri

olarak $\pm 3\sigma_x$ limitleri kullanıldığından bu olasılık $0.0027 \approx 0.003$ dür. Prosesle
mudahale etmenin maliyetinin de 1.000.000 TL olması nedeni ile bu maliyet;

$$1.000.000 \times 0.003 = 3.000 \text{ TL}$$

olarak hesaplanmaktadır.

Böylece bu plan için 1 saatlik toplam beklenen maliyet ;

$$10.200.000 \text{ TL} + 1.043.000 \text{ TL} = 11.243.000 \text{ TL}$$

olarak bulunmuş olmaktadır. Eğer numune alma aralığı 1 saatten 0.5 saate indirilirse
daha önce 10.200.000 TL olan bozuk üretim maliyeti 2.555.000 TL ye ve böylece
toplam maliyette;

$$2.555.000 \text{ TL} + 1.043.000 \text{ TL} = 3.598.000 \text{ TL}$$

ye düşmektedir.

Bu örnekle ilgili optimum çözüm burada verilmemiş olup sadece konunun
anlaşılmasında yardımcı olması bakımından gösterilmiştir.

BÖLÜM 3 PROSES KONTROL PLANLARI MODELLERİNİN TANITIMI ve TEORİSİ

3.1 İstatistiksel Proses Kontrol Planları veya Yarı Ekonomik Planlar

İstatistik proses kontrol planlarına yarı ekonomik planlar da denmesinin sebebi belirli bir istatistiksel güvenilirlik ile yapılması düşünülen proses kontrolün en az nümune ile gerçekleştirilmeye çalışılmasından ötürüdür. Zira bu şekilde nümune alma ile maliyetler kısmen de olsa düşük tutulabilmektedir.

Bu planlarla ilgili yapılan çalışmalardan en önemlilerinden biri Cowden'e aittir[2]. Cowden bu planları tesbit ederken üç kriteri göz önünde bulundurmaktadır. Bunlar;

- 1) Farklı nümune alma aralıklarında, denenen Proses Kontrol Planlarının proses ortalama değerinde olabilecek değişimleri farketme olasılıkları yönünden kıyaslanması
- 2) Kontrol kartında kontrol dışı bir noktanın farkedilebilmesi için geçecek süreler yönünden planların kıyaslanması
- 3) Beklenen kusurlu oranları ve miktarları yönünden planların kıyaslanması.

1) Farklı numune alma aralıklarına ait çalışma karakteristikleri yönünden planların irdelenmesi: Bunun için örnek olarak 3 farklı nümune alma planı göz önünde bulundurulmaktadır.

a) 15 er dakikalık aralıklar ile 4 er adetlik nümune alma planı: Burada her çeyrek saatte bir 4 er adetlik nümunelerin alındığı kabul edilmekte ve böyle bir durumda

prosesin kabul edilme olasılıkları β lar hesaplanmaktadır. Bununla ilgili hesaplamalar tablo 3.1'de verilmektedir. Bu prosesin kabul edilme olasılığı bir saat boyunca alınan ve karta işlenen bu 4 noktanın kontrol limitleri içinde kalma olasılığıdır. Bu olasılık ise β^4 den ibarettir. Proseste meydana gelen değişimler yani sapmalar σ_x 'den ziyade σ cinsinden ifade edilmiştir.

b) 1 saatlik aralıklarla 16 hacimli nümune alınması: Burada nümune sayısı aynı kalmak üzere yani nümune sayısı yine 16 olacak şekilde nümunelerin saatte bir alındığı kabul edilmektedir. Bu durumda ÇK (çalışma karakteristiği) Tablo 3.1' de olduğuna benzer bir şekildedir. Bununla beraber dikkat edilirse $\sigma_x = \sigma / 2$ yerine $\sigma_x = \sigma / 4$ alınmıştır. Burada aynı β değerlerine tekabül eden μ_0 dan sapmalarda yarı yarıya fark olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1 Proses ortalama değeri μ 'nün farklı değerleri için Bir saatlik süre içinde prosesin reddedilme olasılıkları (3 Sigma kontrol limiti, $\sigma = \sigma_0$ ve $n=4$)

$\delta = \frac{\mu_0 - \mu}{\sigma}$	Belirlenen aralık boyunca prosesin kabul edilme olasılığı		1 saat boyunca prosesin reddedilme ihtimali ($1 - \beta^4$)
	15 dakika (β)	1 saat (β^4)	
0.00	0.9973	0.9892	0.0108
0.25	0.9936	0.9746	0.0254
0.50	0.9777	0.9119	0.0881
1.00	0.8413	0.5010	0.4990
1.50	0.500	0.0625	0.9375
2.00	0.1587	0.0006	0.9994

Tablo 3.2 3 Sigma Limitli Kontrol Kartında Ortalamalar İçin Çalışma Karakteristiği

$\delta = \frac{\mu_0 - \mu}{\sigma}$	Prosesin kabul edilme olasılığı β	Prosesin reddedilme olasılığı $1 - \beta$
0.00	0.9973	0.0027
0.25	0.9772	0.0228
0.50	0.8413	0.1587
1.00	0.1587	0.8413
1.50	0.00135	0.99865
2.00	0.0000003	0.9999997

Tablo 3.3 Bir saat içinde alınan toplam 16 birimlik nümunenin farklı iki plan şeklinde alınması durumunda μ nün farklı değerleri için prosesin reddedilme olasılıkları ($1-\beta$)

$\delta = \frac{\mu_0 - \mu}{\sigma}$	Her saatte 4 er birimlik 4	Her saatte 16 şar birimlik 1
	nümune B Planı	nümune A Planı
0.00	0.0108	0.0027
0.25	0.0254	0.0228
0.50	0.0881	0.1587
1.00	0.4990	0.8413
1.50	0.9375	0.9986
2.00	0.9994	0.9999

Tablo 3.3 iki nümune alma planı arasında mukayese yapma imkânını vermektedir. Burada görülmektedir ki proses ortalama seviyesi μ nün istenen μ_0 değerinden küçük sapmaları için mesela 0.25σ değerine kadar olan sapmalar halinde prosesin reddedilme olasılığı daha sık nümune alma durumunda yani saatte 4 defa nümune alma durumunda saatte bir defa nümune alma durumundakine nazaran daha fazladır. Bir başka deyişle proseste şayet 0.25σ kadar bir değişim meydana gelmişse bu değişimi yakalama olasılığı yani prosesin kontrol dışında olduğunu teşbit etmenin olasılığı daha fazladır. Buna mukabil μ deki değişim 0.25σ den fazla olduğu

takdirde seyrek nümune alma durumunda prosesi reddetme olasılığı yani değişimi yakalama olasılığı sık nümune almaya göre daha büyük olmaktadır.

- c) Kontrol kartı limitlerinin önceden belirlenmiş bir prosesi reddetme olasılığına (değişimi yakalama olasılığı) göre belirlenmesi durumu :Bu planda her biri dört birimlik olmak üzere bir saatte alınan dört nümune sonunda prosesin kabul edilme olasılığının belirlenen bir değerde gerçekleştiği kabul edilmektedir. Mesela bu olasılığın değeri $\beta^4 = 0.9973$ olsun (başka bir deyişle kontrol altında olan bir prosesin reddedilme olasılığı 0.0027 olsun) bu durumda $\beta^4 = 0.9973$ den $\beta = 0.9932$ bulunur. Normal eğriden bu alana tekabül eden z değerinin 3.397 olduğu görülür. Buna göre kontrol limitleri $\mu_0 \pm 3.397 \sigma_{\bar{x}}$ olacaktır.

Tablo 3.4 Kontrol Sınırı 3.397 sigma olması durumunda çalışma karakteristiği ($\sigma = \sigma'$, n=4)

$\frac{\mu_0 - \mu}{\sigma}$	$\frac{\mu_0 - \mu}{\sigma_{\bar{x}}}$	$\frac{AKL - \mu}{\sigma_{\bar{x}}}$	$\frac{UKL - \mu}{\sigma_{\bar{x}}}$	$\int_{z_1}^{\infty} f(z) dz$	$\int_{z_2}^{\infty} f(z) dz$	Zaman	aralığı
δ	z	z_1	z_2	Q_1	Q_2	15 dakika β $Q_1 \cdot Q_2$	1 saat β^4
0.00	0.0	-3.397	3.397	0.99966	0.00034	0.99932	0.9973
0.25	0.5	-3.897	2.897	0.99995	0.00188	0.99807	0.9923
0.50	1.0	-4.397	2.397	0.99999	0.00826	0.99173	0.9673
1.00	2.0	-5.397	1.397	1.00000	0.08121	0.91879	0.7101
1.50	3.0	-6.397	0.397	1.00000	0.34568	0.65432	0.1833
2.00	4.0	-7.397	-0.603	1.00000	0.72675	0.27325	0.0056

Tablo 3.5 μ nün farklı değerleri için A Planındaki Kontrol Sınırının 3.397 Sigma Olarak değiştirilmesi ile Elde Edilen C Planı ile B (1 Saatte bir defada 16 birimlik nümune alma) Planında prosesin reddedilmesi olasılıkları

$\frac{\mu - \mu_0}{\sigma}$ δ	4 birimlik 4 nümune (1 saatte) ve 3.397 Sigma Kontrol Limitleri (C)	16 birimlik 1 nümune (1 saatte) ve 3 Sigma Kontrol Limitleri (A)
0.00	0.0027	0.0027
0.25	0.0077	0.0228
0.50	0.0327	0.1587
1.00	0.2899	0.8413
1.50	0.8167	0.9986
2.00	0.9944	0.9999

Bu iki plan yani C ve B planları mukayese edildiğinde (bu planlarda bir saatte alınan toplam nümune sayısı ve kontrol altında ki prosesi reddetme olasılıkları aynıdır.) seyrek alınan ve fakat büyük hacimli bir nümunenin kontrol dışı olan bir prosesi reddetme olasılığı daha fazladır. Ve bu özellikle μ nün μ_0 den olan orta büyüklükteki sapmaları için daha dikkate değerdir.

2) Kontrol dışına çıkan bir prosesin farkedilip reddedilebilmesi için geçecek süre veya beklenen saat sayısı yönünde her üç plan incelendiğinde:

ÇK kriterinin nümune alma aralıkları farklı iki plan arasında tam bir mukayese yapmak için yeterli olmamaktadır. Zira ÇK hesap edilirken tam bir saatlik sürenin sonuna kadar geçen süre göz önünde bulundurulmaktadır. Halbuki sık alınan nümunelerde her bir 15 dakikanın sonunda prosesin reddedilme olasılığı vardır. Dolayısıyla kontrol dışındaki bir prosesin reddedilmesi için gerekli ortalama zamanı tesbit etmek gerekir [2].

Bunun için daha önce sözü edilen üç nümune planı göz önünde

bulundurulmaktadır. Bunlar:

Plan A: Saatte bir defa, ve 3 sigma kontrol limitlerini kullanarak

Plan B: Her 15 dakikada, nümune hacmi 4 olan ve 3 sigma kontrol limitleri kullanarak

Plan C : Her 15 dakikada, nümune hacmi 4 olan ve 3.397 kontrol limitleri kullanarak belirlenmiş nümune alma planlarıdır.

Her bir durum için $\sigma = \sigma_0$ yani proses değişkenliğinde bir değişim olmadığı ve proses ortalaması $\mu = \mu_0 + \delta\sigma$ değerine aniden geçtiği ve o şekilde kaldığı, kontrol kartında kontrol dışı bir noktanın görülmesi ve düzeltilmesi anına kadar bu durumun devam ettiği kabul edilmektedir.

Cowden [2] her üç numune alma planında nünunelerin başlangıç, orta ve sonunda alınması gibi bir düşünceden hareketle bunları ayrı ayrı analiz etmekte ve sonra nünunelerin her üç planda da peryodların ortasında alınması gerektiği kabulü ile proseste meydana gelebilecek kontrol dışı bir durumun yüzde yüz güvenilirlikle ortaya çıkarılabilmesi için her üç A, B, C nümune alma planları için nümune alma peryodu sayısını ve dolayısı ile her üç planda kontrol dışı bir durumun kesin olarak ortaya çıkarılabilmesi için gerekli süreler yönünden kıyaslama yapmaktadır.

Önce nünunelerin peryodun başlangıcında alındığı kabul edilmekte ve prosesin reddedilebilmesi için gerekli beklenen nümune alma sayısı muhtemel bütün peryotların sayısının ağırlıklı ortalamasını alarak elde edilmektedir. Ağırlıklar ise her bir peryot sırasında kontrol dışı prosesi reddetme olasılığı hesaplanarak bulunmaktadır.

Nünuneler peryodun başlangıcında alındıklarından prosesin ilk peryodun başlangıcında kabul edilme olasılığı β , ikinci peryodun başlangıcında kabul edilme

olasılığı β^2 , üçüncü peryodun başlangıcında kabul edilme olasılığı β^3 olacaktır. İlk peryodun başlangıcında prosesin reddedilme olasılığı $\alpha = 1 - \beta$ ilk peryodun sonunda reddedilmesi olasılığı ise prosesin ilk peryodun başlangıcında β olasılığı ile kabul edileceği ön görüldüğünden $\alpha\beta$, ikinci peryodun sonunda reddedilme olasılığı, prosesin ilk ve ikinci peryodun başlangıcında β^2 olasılığı ile kabul edileceği ön görüldüğünden $\alpha\beta^2$, üçüncü peryodun sonunda reddedilme olasılığı, prosesin her üç peryodun başlangıcında β^3 olasılığı ile kabul edileceği ön görüldüğünden $\alpha\beta^3$ olarak bulunur ve bu şekilde devam edilirse böylece 0,1,2,3...periyotlarında ağırlıkları $\alpha, \alpha\beta, \alpha\beta^2, \alpha\beta^3$ olan ve prosesin yüzde yüz reddedilmesini sağlayacak beklenen periyotların sayısı;

$$\bar{T}_0 = 0\alpha\beta^0 + 1\alpha\beta^1 + 2\alpha\beta^2 + 3\alpha\beta^3 + \dots \quad 3.1$$

veya

$$\bar{T}_0 = \alpha(\beta + 2\beta^2 + 3\beta^3 + \dots) = \alpha \sum_{X=1}^{\infty} X\beta^X \quad 3.2$$

olarak yazılabilir.

Benzer olarak şayet nünuneler peryodun ortasında alınacak olursa

$$\bar{T}_{0,5} = \alpha(0,5 + 1,5\beta + 2,5\beta^2 + \dots) = \alpha \sum_{X=0}^{\infty} (X + 0,5)\beta^X \quad 3.3$$

ve nihayet nünuneler peryodun sonunda alınacak olursa

$$\bar{T}_1 = \alpha(1 + 2\beta + 3\beta^2 + \dots) = \alpha \sum_{X=1}^{\infty} X\beta^{X-1} \quad 3.4$$

olur.

Son eşitlik (3.4); (3.2) eşitliğinin β ile bölünmesi sonucu elde edilmekte ve yine (3.3) eşitliği (3.2) ve (3.4) eşitliğinin ortalamasıdır.

Günün başlangıcında proses karakteristik değeri μ nün değişim göstererek $\mu_0 + 1\sigma$ değerine geldiği kabul edilerek alınacak ilk nümuneden sonra prosesin kabul edilme olasılıkları Tablo 3.6'da gösterilmiştir.

Tablo 3.6 $\mu = \mu_0 + 1\sigma$ olması durumunda alınan ilk nümunedeki ve her üç plana göre prosesin kabul edilme olasılıkları

Nümuneye alma planları	$\frac{\mu - \mu_0}{\sigma}$	$\frac{\mu - \mu}{\sigma_x}$	$\frac{UKL - \mu}{\sigma_x}$	β
A	1	4	-1.000	0.15866
B	1	2	1.000	0.84134
C	1	2	1.397	0.91879

Burada β nın değerleri (3.2),(3.1) ve (3.4) Tablolarından alınmıştır.

3.3 formülünün plan A ya uygulanması sonuçları Tablo 3.7 de gösterilmiştir. Tablodan görüleceği üzere Plan A da yani 3σ kontrol limiti kullanılması ve periyot ortalarında saatte bir nümune alınması halinde proses ortalamasının μ değerinden $\mu + 1\sigma_0$ değerine geçmesi durumunda bu değişimin yakalanabilmesi için beklenen periyot sayısı 0,6886 olmaktadır.

Tablo 3.7 $\sigma = \sigma_0, n=16, \mu = \mu_0 + 1\sigma$ ($\beta=0,15866; \alpha=0,81434$) durumunda ve 3 sigma kontrol limitli kontrol kartında bu değişimin kesin olarak farkedilebilmesi için beklenen periyot sayısı;

X	X+0.5	β^x	$(X+0.5).\beta^x$
0	0.5	1.00000	0.50000
1	1.5	0.15866	0.23799
2	2.5	0.025173	0.06293
3	3.5	0.003994	0.01398
4	4.5	0.000634	0.00285
5	5.5	0.000016	0.00056
6	6.5	0.00000	0.00010
7	7.5		0.00002
$\sum (X+0.5).\beta^x$			0.81843
${}_{0.5}T = \alpha \sum (X+0.5)/\beta^x$			0.6886

(3.2), (3.3) ve (3.4) Eşitlikleri ile verilen formüllerde $\bar{T}_0, \bar{T}_{0.5}$ ve \bar{T}_1 değerleri kısaca şu şekilde hesaplanabilmektedir;

$$\bar{T}_0 = \frac{\beta}{\alpha} \quad 3.5$$

$$\bar{T}_{0.5} = \frac{1+\beta}{2\alpha} \quad 3.6$$

$$\bar{T}_1 = \frac{1}{\alpha} \quad 3.7$$

Tablo 3.8 $\sigma = \sigma_0$, $n=4$ 3 Sigma kontrol limiti kullanılması ve periyot ortalarında saatte bir nümune alma durumunda μ 'nün muhtelif değerleri için değişimin kesin olarak farkedilmesini sağlayan periyot sayısı

$\frac{\mu - \mu_0}{\sigma}$	α	β	$1+\beta$	2α	$\bar{T}_{0.5} = \frac{1+\beta}{2\alpha}$
0.50	0.15866	0.84134	1.84134	0.31732	5.80
0.75	0.50000	0.50000	1.50000	1.00000	1.50
1.00	0.84134	0.15866	1.15866	1.68268	0.689
1.25	0.97725	0.02275	1.02275	1.95450	0.523
1.50	0.99865	0.00135	1.00135	1.99730	0.501
2.00	1.00000	0.00000	1.00000	2.00000	0.500

Tablo (3.9) daha önce bahsedilen üç farklı plan için benzer hesaplamalar görülmektedir. Plan B ve Plan C değerleri içinde gene $(1+\beta)/2\alpha$ formülü kullanılmıştır. Ancak tabloda prosesdeki değişimi farkedebilmek için gerekli beklenen periyot sayısı yerine beklenen saat sayısı kullanılmıştır.

Tablo 3.9 A,B, C.Farklı Planları İçin Prosesteki Değişimin Kesin olarak Ortaya çıkarılabilmesi için beklenen saat sayısı

$\frac{\mu' - \mu_0}{\sigma}$	Plan(A) Saatte 1 defa 16 Adet Nümune 3 sigma Limitli	Plan(B) Saatte 4 defa 4 er birimlik 3 sigma limitli	Plan(C) Saatte 4 defa 4 er birimlik 3.397 sigma limitli
0.50	5.80	10.85	30.00
0.75	1.50	3.62	8.52
1.00	0.689	1.45	2.95
1.25	0.523	0.685	1.23
1.50	0.501	0.375	0.589
2.00	0.500	0.172	0.219
3.00	0.500	0.125	0.216
4.00	0.500	0.125	0.125

Bu tablodan çıkarılan sonuç ise;

- a) μ nün küçük değişimleri için büyük nümune hacimli ve sık olmayan nümune almak, değişimin daha kısa sürede ortaya çıkarılmasını sağlayacaktır.
- b) μ deki büyük değişimler için küçük hacimli sık aralıklarla nümune almak değişimin kısa sürede ortaya çıkarılmasını sağlayacaktır. Proses ortalaması ile proses ortalama standart değeri arasındaki fark büyüdükçe prodesteki değişimi alınacak tek bir nümune ile ortaya çıkarma olasılığı 1 e yaklaşmakta ve aynı zamanda bu proses ortalamasındaki değişimin ortaya çıkarılması için gerekli süre nümune alma aralığının yarısına yaklaşmaktadır. Yani 1 saatlik aralıklarla alınan nümune alma durumunda 1/2 saat 1/4 saat lik aralıklarla (15 er dakikalık) alınan nümune alma durumunda 1/8 saat olmaktadır.
- 3) Kusurlu ürün içinde planları kıyaslamak mümkündür. Ancak burada gösterilmesi gerekli görülmeyen bu kıyaslama sonunda da aynı sonuçlara varılmaktadır.

3.2 Ekonomik Proses Kontrol Planları

Kontrol kartları istatistiksel proses kontrolünde çok sık kullanılan bir araç olup bunlar aynı zamanda proses kabiliyet ve kapasitesini tesbit etmede etkin olarak kullanılmaktadır. Kontrol kartlarının kullanımında nümune hacmi, nümune alma frekansı ve kontrol sınırı aralıklarının seçilmesi gerekmektedir. İşte bu üç parametrenin seçimine kontrol kartlarının tasarımı veya dizaynı denmektedir.

Kontrol kartlarının tasarımı geleneksel olarak çoğu kere sadece istatistiksel kriterlere göre yapılmaktadır. Bu durumda genellikle nümune hacmi ve kontrol limitlerinin seçimi o şekilde yapılmaktadır ki kalite proses karakteristiklerinde meydana gelebilecek bir değişimi yakalayabilme gücü ve birinci tip hata denilen prosele müdahale edilmemesi gerekirken yanlış bir kararla müdahale etme olasılığının önceden belirlenmiş değerlere göre tesbiti gerçekleştirilebilmektedir. Nümune alma

frekansı nadiren analitik olarak belirlenmekte ve genellikle üretim miktarı, proses karakteristiklerinin kontrol dışına çıkma sıklığının beklenen değeri ve seçilen nümune alma entervali için ortaya çıkacak değişimlerin muhtemel sonuçlarına göre tamamen tecrübeye göre tesbit edilmektedir[7].

Kontrol kartlarının tasarımında sözü edilen parametrelerin seçimi ise ekonomik sonuçlar doğurmakta ve bunlar nümune alma ve test etme maliyetleri, proses kalite karakteristiklerinin kontrol dışına çıkması halinde soruşturma maliyetleri, prosese müdahale maliyetleri ve müşteriye gidebilecek bozuk veya belirlenen spesifikasyonlara uymayan ürünlerin maliyeti gibi maliyetleri etkilemektedir. Bu bakımdan kontrol kartlarının dizaynında ekonomik mülahazaların göz önünde bulundurulması tabiidir. Bu bölümde kontrol kartlarının optimal ekonomik tasarımı ile ilgili modeller tanıtılacak ve irdelenecektir.

3.2.1 Prosesteeki değişimlerle ilgili öngörüler

Proses Kontrol Planlarını ekonomik olarak gerçekleştirmekte bir araç olarak kullanılan kontrol kartlarının ekonomik tasarımında prosesteeki değişimler ile ilgili bazı öngörüler yapılmaktadır. Bunlar; prosesin kontrol altında olma durumuna ilişkin öngörüler, meselâ proseste değişime sebebiyet verebilecek bir çok faktörün bulunabileceği ancak bu faktörlerin ayrı karakter ve özelliklerde değişimler meydana getirebileceği öngörüsü (ayrı büyüklükte, ayrı sıklıkta değişimler gibi), proses karakteristiğinde meydana gelebilecek değişimlerin zaman içindeki dağılımına ilişkin istatistiksel öngörüler(üssel, poisson, weibull gibi), proseste meydana gelebilecek değişimin ortaya çıkış şekli ile ilgili öngörüler, mesela çoğu kere ani olabildiği gibi takım tezgahlarında takım ucunun bozulmasından dolayı bazen tedrici'olabilmesi proseste bir değişim söz konusu olduğu zaman bu değişimin kendi kendine düzelemeyeceği ve ancak kontrol planı çerçevesinde alınacak nünunelerin değerlendirilmesi sonunda yapılacak müdahalelerle düzelebileceği gibi öngörülerdir[8].

3.2.2 Maliyet parametreleri

Kontrol kartlarının ekonomik tasarımında göz önünde bulundurulanan maliyet türleri başlıca üç kategoride müteala edilmektedir. Bunlar:

- a.) Kontrol dışına düşen bir noktanın soruşturulması, nümune alma ve test maliyetleri.
- b.) Soruşturma ve araştırma sonunda bulunacak sebebin ortadan kaldırılması yani prosesi düzeltme maliyeti ve onarma maliyeti.
- c.) Spesifikasyon veya standartlara uymayan parça ve ürünün üretilmiş olmasının maliyetleridir.

Nümune alma ve test maliyeti de genel olarak bu işle uğraşan kontrolör veya teknisyenlerin ücreti, gerekli ekipman yani muayene test ve cihaz ve aletlerin maliyeti ve şayet testler malzemeyi tahrip ederek yapıyorsa bu tahrip edilen malzemelerin maliyetinden oluşmaktadır. Bu maliyet sabit ve değişken maliyetlerden oluşmakta ve $a_1 + a_2n$ şeklinde ifade edilmektedir.

Maliyetler ile ilgili bilgilerin toplanması ve değerlendirilmesi kolay olmadığından mümkün olduğu kadar kompleks ifadelerin kullanılmaması uygun bulunmaktadır.

Kontrol dışına düşen bir noktanın soruşturulması ve muhtemel bir düzeltme maliyeti değişik şekillerde değerlendirilmektedir. Bazı yazarlar yanlış bir alarmdan doğacak bir soruşturma maliyetinin, değişimi meydana getiren sebeplerin ortadan kaldırılması maliyetinden farklı olacağını dolayısıyla bu iki maliyeti ayrı katsayılarla ifade etmenin daha doğru olacağını, dahası bu onarma ve düzeltme maliyetinin bu değişimi meydana getiren sebebin tipine de bağlı olacağını ifade etmişlerdir. Böylece s tane farklı kontrol dışı durum söz konusu ise s +1 adet maliyet katsayısı olması gerekir ve genellikle bu maliyet katsayıları öyle seçilmelidir ki daha büyük proses değişimleri daha büyük onarım ve düzeltme maliyetleri gerektirsin denmiştir. Başka yazarlarda

bu şekildeki model kurmanın gereksiz olduğunu zira birçok durumda proseste meydana gelebilecek küçük değişimlerin bulunmasının zor fakat düzeltilmesinin kolay olduğunu halbuki büyük değişimlerin sebebinin bulunmasının kolay düzeltilmesinin zor olduğunu ileri sürmüşlerdir. Buradan şu sonuca varılmaktadır. Kontrol dışı bir noktanın tesbitinden sonra bunun sebebinin araştırılması ve bu sebebin bulunup prosesin düzeltilmesi maliyetini tek bir ortalama maliyet katsayısı ile ifade etmek çok kesin sonuçlar elde etmek için uygun olmayabilmektedir.

Spesifikasyonlara uymayan parçaların üretimi sonunda meydana gelen maliyet başarısızlık maliyeti olup bu maliyet telef, sıyırma, yeniden işleme, hatalı ürünlerin uygun olanı ile değiştirilmesi veya yeniden imali gibi anlaşma veya garanti gereği haricî maliyetleri içermektedir. Bunun dışında hatalı ve bozuk parça veya ürünlerin müşteri üzerindeki kötü tesiri ve bundan doğabilecek sipariş kaybı gibi maliyetleride kapsamakta olup bütün bu maliyetleri birçok araştırmacı tek bir ortalama maliyet katsayısı ile ifade etmekte ve bu katsayıyı ya birim zaman veya birim ürün için vermektedirler.

Ekonomik kart modelleri genel olarak kontrol kartı parametreleri ile yukarıda bahsedilen ve genel olarak üç tür maliyeti içeren maliyet parametreleri göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Üretim, gözetim, düzeltme ve ayarlama safhaları birbirinden bağımsız faaliyet çevrimleri olarak düşünülmektedir. Her bir çevrim; kontrol altındaki bir üretim prosesi ile başlamakta, kontrol kartında kontrol dışı bir noktanın görülmesi, değişim sebebinin bulunması, düzeltilmesi ve tekrar prosesin kontrol altındaki durumuna geri dönmesi ile son bulmakta ve yeni bir çevrim başlamaktadır. $E(T)$ bir çevrimin tahmin edilen veya beklenen uzunluğu olarak kabul edilmekte (uzun dönemde ortalama uzunluk) ve yine $E(C)$ bir çevrim boyunca beklenen toplam maliyet olarak gösterilmektedir. Bu durumda birim zamanda beklenen maliyet de ;

$$E(A) = \frac{E(C)}{E(T)} \quad 3.8$$

olarak ifade edilmektedir [8].

Optimal ekonomik kontrol kartı tasarımını oluşturmak için ise (3.8) denkleminde optimizasyon teknikleri uygulanmaktadır. Literatürde bu genel denklem bazı ufak değişiklikler göstermektedir. Bunlar denkleminde ifade edildiği gibi birim zaman yerine birim üretimin kullanılması, çevrim tanımı olarak farklı ifadelerin kullanılması, kontrol dışında bir nokta tespit edildiği zaman bunun soruşturulması sırasında üretimin durdurulmasının gerekip gerekmediği gibi farklı kabullerin kullanılması şeklinde olabilmektedir.

3.2.3 Kalite parametrelerini etkileyen sebebin bir tek olduğu modeller (single assignable cause models)

3.2.3.1 Duncan'ın tek değişim sebepli modeli

\bar{x} Kontrol kartlarının ekonomik tasarımı için geliştirilmiş modellerden birisi ve kendinden sonra gelenleri de teşvik edici olması bakımından en önemlilerinden sayılabilecek olanı Duncan'a ait modeldir. Bu modelde kontrol kartı parametrelerinin tespiti formal optimizasyon metodolojisi içerisinde yapılmaktadır. Duncan bu modelde prosesin birim zamandaki net gelirini en fazla yapmayı amaçlamıştır. Modelde prosesin kontrol altında olma durumunu μ_0 ile, prosesdeki değişimin büyüklüğünü proses standart sapmasının katı olarak δ ile karakterize etmiş ve (Cowden gibi araştırmacılar z notasyonunu kullanmışlardır.) bu durumda proses karakteristiğinde $\delta\sigma$ büyüklüğünde bir değişim olduğunda proses karakteristiğinin yeni değerinin $\mu_0 + \delta\sigma$ veya $\mu_0 - \delta\sigma$ şeklinde olacağını ifade etmiştir.

Proses; merkez çizgisi μ_0 üst ve alt kontrol limitleri $\mu_0 \pm k(\sigma/\sqrt{n})$ olan bir \bar{x} kontrol kartı ile gözlenmektedir. Nümuneler h saatlik aralıklarla alınmakta ve bir nokta kontrol sınırlarının dışına düştüğü zaman araştırma hemen başlatılmaktadır. Bu modelde değişim sebebinin araştırıldığı süreçte prosesin durdurulmadığı ön

görülmektedir. Bundan başka proseste düzeltme veya onarım gerekiyorsa bunun için yapılacak masraflar prosesin net geliri hesabında göz önünde bulundurulmamaktadır. Ve gene n , k ve h tespit edilirken μ_0 , δ ve σ değerlerinin bilindiği kabul edilmektedir.

Proseste değişime sebebiyet veren faktörün ortaya çıkışının poisson dağılımına uyduğu ve bu faktörün saatte λ yoğunluğu ile ortaya çıktığı yapılan kabuller arasındadır. Yani proses kontrol altında başlamakta ve bu kontrol altında olma süresi, ortalaması $1/\lambda$ olan bir rassal ve üssel fonksiyon şeklinde olmaktadır.

Bu bakımdan $(j+1)$ ve j . nünuneler arasında proseste bir değişimin ortaya çıkma beklenen zamanı;

$$\tau = \frac{\int_{jh}^{(j+1)h} e^{-\lambda t} \lambda (t - jh) dt}{\int_{jh}^{(j+1)h} e^{-\lambda t} \lambda dt} = \frac{1 - (1 + \lambda h)e^{-\lambda h}}{\lambda(1 - e^{-\lambda h})} \quad 3.9$$

ile ifade edilmekte ve bu değişim ortaya çıktığında bu değişimin alınacak ilk nünunede farkedilme olasılığı;

$$1 - \beta = \int_{-\infty}^{k - \delta\sqrt{n}} \phi(z) dz + \int_{k - \delta\sqrt{n}}^{\infty} \phi dz \quad 3.10$$

olmaktadır.

Burada

$$\phi(z) = (2\pi)^{-1/2} e^{(-z^2/2)}$$

Standart Normal dağılım fonksiyonudur.

$1 - \beta$ değeri testin gücünü göstermektedir. Bu değer ne kadar büyük olursa değişimi yakalama olasılığı o kadar fazla olacaktır. β nın kendisi ise 2. Tip hata olasılığıdır.

Yani proseste bir değişim olduğu halde değişmediğine hükmetme riskidir. Proseste değişim olmadığı halde değişimin olduğuna hükmetme riski ise;

$$\alpha = 2 \int_{*}^{\infty} \phi(z) dz \quad 3.11$$

olmaktadır.

Üretim çevrimi daha önce belirtildiği gibi prosesteki değişim sebebinin ortadan kaldırılıp prosesin kontrol altında başladığı andan tekrar bir değişimin ortaya çıkması, sebebinin bulunması ve düzeltilip yeniden kontrol altında prosese başlama zamanına kadar geçen süre olarak tarif edilmektedir.

Çevrim 4 periyodu içermektedir. Bunlar;

- 1) Prosesin kontrol altında olduğu periyot,
- 2) Kontrol dışına çıktığı andan ilk nümune alınmaya kadar geçen periyot,
- 3) Nümunenin alınması ve sonuçların yorumlanmasından hatanın bulunmasına kadar geçen periyot,
- 4) Hatanın bulunmasından düzeltilip tekrar kontrol altına alınması anına kadar geçen periyottur.

Kontrol altında olma durumunun beklenen değeri $1/\lambda$ dır. Proses gerçekten kontrol dışına çıktığı zaman bu değişimi kesin olarak yakalayabilmek için gerekli nümunelerin sayısı ortalaması $1/(1-\beta)$ olan geometrik rassal bir değişkendir. 2. Periyodun beklenen uzunluğu ise $h/(1-\beta) - \tau$ dur. Nümune alma ve sonuçları yorumlama için gerekli zaman nümune hacmi ile g sabitinin çarpımı olan gn dir. Kontrol dışına çıkma sinyali üzerine değişim sebebinin bulunması ve düzeltilmesi

için gerekli çevrim uzunluğu da D ile gösterildiğinde beklenen toplam çevrim uzunluğu;

$$E(T) = \frac{1}{\lambda} + \frac{h}{1-\beta} - \tau + gn + D \quad 3.12$$

olmaktadır.

Modelde; prosesin kontrol altında olduğu zaman da her bir saatinden elde edilen net gelir V_0 ve prosesin kontrol dışına çıktığı zaman da her bir saatinden elde edilen gelir V_1 ile gösterilmektedir. a_1 ve a_2 karşılıklı olarak nümune alma maliyetinin sabit ve değişken unsurlarının katsayılarını göstermekte olup n hacmindeki bir nümunenin alınmasının toplam maliyeti $a_1 + a_2n$ olmaktadır. Tam bir üretim çevrimi boyunca alınacak olan nümune alma sayısının beklenen değeri, çevrim uzunluğunun beklenen değerinin nümuneler arası h zaman aralığına bölümüne eşittir. Yani $E(T)/h$ dir. Değişim sebebini bulmanın maliyeti a_3 ve yanlış bir alarm sonucu değişim sebebini araştırılması maliyeti a_3' dür. Bir çevrim boyunca yanlış alarm alma sayısının beklenen değeri, α kere değişimin ortaya çıkmasından önce alınan nümune sayısının beklenen değeridir. Yani ;

$$\alpha \sum_{j=0}^{\infty} \int_{jk}^{(j+1)h} j e^{-\lambda t} dt = \frac{\alpha e^{-\lambda h}}{1 - e^{-\lambda h}} \quad 3.13$$

olmaktadır.

Bu bakımdan her bir çevrim için beklenen net gelir;

$$E(c) = V_0 \frac{1}{\lambda} + V_1 \left(\frac{h}{1-\beta} - \tau + gn + D \right) - \alpha_3 - \frac{\alpha_3' e^{-\lambda h}}{1 - e^{-\lambda h}} - (a_1 + a_2n) \frac{E(T)}{h} \quad 3.14$$

olarak verilmektedir.

Her bir saat için beklenen net gelir ise bir çevrim için beklenen net gelirin beklenen çevrim uzunluğuna (zamanına) bölünmesi ile elde edilmektedir. Yani;

$$E(A) = \frac{E(C)}{E(T)} = \frac{V_0(1/\lambda) + V_1[h/(1-\beta) - \tau + gn + D] - a_3 - a_3' \alpha e^{-\lambda h} / (1 - e^{-\lambda h})}{1/\lambda + h/(1-\beta) - \tau + gn + D} - \frac{a_1 + a_2 n}{h} \quad 3.15$$

olmaktadır.

$a_4 = V_0 - V_1$ denirse yani: a_4 Prosesin kontrol dışına çıkma durumunda bir saatlik üretim gelirinden kaybı gösterirse;

$$E(A) = V_0 - \frac{a_1 + a_2 n}{h} - \frac{a_4 [h/(1-\beta) - \tau + gn + D] + a_3 + a_3' \alpha e^{-\lambda h} / (1 - e^{-\lambda h})}{1/\lambda + h/(1-\beta) - \tau + gn + D} \quad 3.16$$

veya

$$E(A) = V_0 - E(L) \quad 3.17$$

yazılabilmekte ve burada;

$$E(L) = \frac{a_1 + a_2 n}{h} + \frac{a_4 [h/(1-\beta) - \tau + gn + D] + a_3 + a_3' \alpha e^{-\lambda h} / (1 - e^{-\lambda h})}{1/\lambda + h/(1-\beta) - \tau + gn + D} \quad 3.18$$

olmaktadır.

$E(L)$ ifadesi proseste meydana gelen değişimden dolayı bir saatlik gelir kaybını temsil etmektedir. $E(L)$ kontrol kartı parametreleri olan n , k ve h nin bir fonksiyonudur. Net gelirin maksimize edilmesi ile maliyetin minimize edilmesi aynı anlama geldiğinden burada gelirin maksimizasyonu için $E(L)$ ifadesinin minimize edilmesi amaçlanmaktadır.

Duncan oluşturduğu bu model için bir optimizasyon prosedürü olarak, geliştirmek üzere bir kaç yaklaşım ileri sürmüştür. Teklif edilen optimizasyon prosedürü son olarak $E(L)$ ile gösterilen 3.18 maliyet denkleminin nümune hacmi n , kontrol sınırı k ve nümune alma aralığı h a göre birinci dereceden kısmi türevlerinin alınıp, elde edilen denklemlerin nümerik çözümü bulunmaktadır. Burada (n) ve (k) nın optimum çözümü için iterasyon metodu kullanılmakta olup bu çözüm elde edildikten sonra bulunan bu değerler denklemde yerine konarak (h) için kapalı çözüm bulunmaktadır.

Daha önce söylendiği gibi Duncan'ın bu modeli bazı araştırmacılar tarafından oldukça benimsenmiş ve bunun optimal çözümü için daha hassas çalışmalar yapılmıştır. Özellikle a_4 ve g nin büyük veya δ nın küçük olduğu durumlarda bu araştırmacıların çözümleri daha üstün tutulmuştur. Chiu ve Wetheril (1974) ise Duncan'ın modeline bazı basitleştirme ve kısaltmalar getirerek daha kolay ve yaklaşık bir optimizasyon çözümü geliştirmişlerdir [8]. Burada yapılan basitleştirme alınan ilk nümune değişimin yakalanması veya farkedilmesi olasılığını veren $(1 - \beta)$ ifadesi ile ilgili olup araştırmacılar bunu 0,90 veya 0,95 olarak modelin çözümünde bir veri olarak kullanmışlardır. Her ne kadar bilgisayar programları yoluyla modelin çözümünde bu şekilde kısıtlamaya gerek yoksada gerçek optimum değerlere çok yakın değerler verdiğiinden sıkça kullanılabilir.

Duncan'ın modeline bir örnek teşkil etmek üzere şu örnek verilmektedir[8].

ÖRNEK : "Bir imalatçı alkolsüz karbonatlı içecekler için kullanılmak üzere depozitosuz yani geri dönüşsüz cam şişeler imal etmektedir. Şişenin et kalınlığı önemli bir proses ve kalite karakteristiğidir. Şayet et kalınlığı çok ince olursa şişenin doldurulması sırasında patlayabilmektedir. İmalatçı prosesi gözetlemek amacıyla \bar{x} ve R kartları kullanmaktadır.

Bu kartlar istatistiksel kriterlere göre tasarlanmış olup, bununla beraber maliyetleri düşürme gayreti içinde olan imalatçı proses için en ekonomik optimum \bar{x} kartı dizayn etmek istemektedir.

Kalite kontrol teknisyen'inin ücreti ve test ekipmanının maliyeti esas alındığında birim nümune almanın sabit maliyetinin 100.000 TL olduğu, her bir nümunenin değişken maliyetinin 10.000 TL ve bir şişenin et kalınlığının ölçülmesi ve kaydedilmesinin de yaklaşık 1 dak (0.0167 saat) olduğu tahmin edilmektedir.

Proseste şişenin et kalınlığının değişimine yol açabilecek bir kaç değişik sebep mevcut olup, proses kontrol dışına çıktığı zaman değişimin büyüklüğü ortalama olarak proses karakteristiği standart sapmasının iki misli olmaktadır. Proseste meydana gelen değişimin oluşumu tesadüfi bir şekilde olmakta ve ortalama her 20 saatte bir bu durum ortaya çıkmaktadır. Böylece kontrol altında olma ortalama süresi olarak, $\lambda=0,05$ olan bir rassal ve üssel dağılım fonksiyonu olduğu kabul edilmektedir. Prosesin kontrol dışına çıkması durumunda bunun sebebinin araştırılması ve sebebinin bulunması için gerekli süre 1 saattir. Proses karakteristiğinde değişim olma durumunda bunun sebebinin araştırılması ve ortadan kaldırılmasının maliyeti 2.500.000 TL ve yanlış bir alarm sonunda sebep aramanın maliyeti 5.000.000 TL dir.

Şişelerin dolum sırasında et kalınlığının ince kalmasından dolayı patlamaları sonucu karbonatlı içki yapımıcıların üretim kaybı ve diğer zararları şişe yapımıcısına rücu etmektedir. Bu nedenle şişe üretimi sırasında proseste kontrol dışı bir durum söz konusu olduğunda bunun bir saatlik maliyeti 10.000.000 TL olmaktadır.

Bu proses için \bar{x} kartının ekonomik tasarımı ile ilgili olarak bahsedilen maliyetleri 3.18 eşitliğindeki parametreler için yerine konulduğunda $a_1 = 100.000$ TL $a_2 = 10.000$ TL $a_3 = 2.500.000$ TL, $a_3' = 5.000.000$ TL, $a_4 = 10.000.000$ TL, $\lambda = 0,05$, $\delta = 2,0$, $g=0,0167$ ve $D=1,0$ olmaktadır. Böylece 3.18 denkleminin yani $E(L)$ eşitliğinin minimizasyonu bilgisayar programı ile sağlanabilmektedir. Bu program n nümune hacminin muhtelif değerleri için kontrol limiti genişliği (k) ve nümune alma sıklığı (h) nın, optimal değerleri ile aynı zamanda maliyet değeri $E(L)$, α riski ve $(1-\beta)$ gücü yani değişimin ilk nümunedeki yakalanma olasılığını da vermektedir. Bu değerlerle ilgili program sonuçları tetkik edildiğinde $n=5$, $k=2.99$ ve

$h=0.76$ saat veya 45 dakika değerlerinin optimal değerler olduğu ve bu değerlere tekabül eden minimum maliyetin de 1.038.000 TL olduğu görülmektedir. Bundan başka bu optimal çözüm için $\alpha=0,0028$ ve $(1-\beta) = 0,9308$ değeri aldığı görülmektedir. Optimal \bar{x} kartı tasarımı yapılırken maliyetlerin en azından % 50 daha az tahmin edildiği sonucuna varılmıştır. Bu durumda \bar{x} kartının yeniden tasarımında bu yanlış değerlendirmenin etkisi incelenmiştir. Bu yeni değerlerle elde edilen sonuçlarda görülmüştür ki optimal çözüm şimdi $n=5$, $k=2,99$ ve $h=0,62$ olup bir saatlik maliyet 1.388.000 TL olmuştur. Burada dikkati çeken husus bu maliyet tesbitinde yapılmış olan % 50 lik bir hataya rağmen nümune hacmi n ve kontrol limitleri genişliği k değerinde bir değişme olmamıştır. Bu maliyet artışının etkisi nümune alma sıklığı üzerinde olmuş ve bu değer 0,76 saatten 0,62 saate düşmüştür. (45 dakikadan 37 dakikaya). Optimallik analizinin sonunda nümune alma sıklığı 45 dakikadan 37 dakikaya düşmesine rağmen çalışma uygunluğu yönünden imalatçı firma 45 dakika üzerinde karar kılmıştır.

Bu tür problemlerin nümerik analizinden sonra optimal \bar{x} kartlarının tasarımı ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilmektedir.

- 1) Optimum nümune hacmi n daha çok değişimin büyüklüğü yani genliği, δ dan etkilenmektedir. Genellikle nisbeten büyük değişimlerde mesela $\delta \geq 2$ değerleri için nisbeten küçük nümune hacimleri söz konusudur mesela n ; 2 ila 10 arasındadır. Küçük değişimler ise daha büyük nümune hacimlerini gerektirmektedir mesela $1 \leq \delta \leq 2$ değerleri için gerekli optimum nümune hacmi n ; 10 ile 20 arasındadır. Çok küçük değişimler mesela $\delta \leq 0,5$ gibi, bunlar oldukça büyük nümune hacimleri gerektirebilirler mesela $n \geq 40$ gibi.
- 2) Prosesin kontrol dışına çıkması durumunda meydana gelebilecek maliyet kayıpları a_4 esas itibarı ile nümune alma aralığı h yi etkilemektedir a_4 ün büyük değerleri daha küçük h değerleri (daha sık nümune alma) elde edilmesi sonucunu doğurmaktadır.

- 3) Değişimi meydana getiren sebebin araştırılması maliyeti (a_3 ve a_3') esas itibarı ile kontrol limitlerini etkilemektedir. Mesela bir önceki problemde $a_3=2.500.000$ TL ve $a_3'=5.000.000$ TL iken yeni durumda $a_3 = a_3'=10.000.000$ TL alınmış ve görülmüştür ki optimum parametreler $n=6$, $k=3,27$ ve $h=0,78$ olmuştur. Buna göre kontrol limitleri genişliğinin artması ile birlikte nümune hacmindeki küçük değişiklik, α değerini 0,0011 değerine, $(1-\beta)$ değerini de hafifçe 0,9483 değerine yükseltmiştir.
- 4) Nümune alma maliyetlerindeki değişim her üç tasarım parametresinde etkilemektedir. Nümune almada sabit maliyetlerde meydana gelebilecek artış nümune alma aralıklarını artırmakta ve aynı zamanda nümune hacminde hafif bir artış doğurmaktadır.
- 5) Değişimi meydana getiren faktörün birim zamanda ortaya çıkma sıklığı daha çok nümune alma aralığını etkilemektedir. Mesela bir önceki misalde $\lambda=0,05$ değerine karşılık optimum h 0,76 saat olarak bulunmuştu. Şimdi sadece λ faktörü $\lambda=0,01$ değerine düştüğünde optimum h değeri 1,76 saate yükselmekte, bununla beraber λ nin küçülmesi ile birlikte nümune hacmi n ve kontrol limitleri genişliği k da az miktarda büyümektedir.
- 6) Ortimum ekonomik tasarımda maliyetlerde yapılacak hatalar parametreleri göreceli olarak az etkilemektedir. Yani maliyet yüzeyi optimum civarında nisbeten düzdür, ve aynı zamanda nümune hacmi n değiştikçe optimum maliyetteki değişim az olmaktadır. Kontrol kartlarının optimum tasarımında, değişimin genliği δ , gözlenen kalite karakteristiğinin mevcut düzeyi (μ_0) ve proses standart sapması nisbeten daha etkili olmaktadır.

3.2.3.2 Diğer tek sebepli değişim modelleri

Duncan'ın tek sebepli değişim modelinde esas olarak şu iki kabul yapılmıştır.

1. Kontrol kartında proseste değişim olduğu kanaatine varılmışsa bunun sebebinin araştırılması sırasında proses durdurulmamaktadır.
2. Değişime sebebiyet veren faktörün ortadan kaldırılması için katlanılan maliyetler ihmal edilip modelde kullanılmamaktadır. Ancak bu kısıt veya kabuller bir çok proses tipi için gerçekçi bulunmamıştır. Bu nedenle sözü edilen iki hususu göz önünde bulunduran modeller de geliştirilmiştir. Bu modellerde kontrol kartında değişim olduğuna dair bir işaret alındığında (nümune sonuçlarının kontrol kartında kontrol sınırları dışına düşmesi) proses durdurulmakta ve değişim sebebi araştırılmaktadır. Eğer bu işaret yanlış ise bu esnada geçen süre D_0 ve araştırma için katlanılan maliyet α_3 olmaktadır. Eğer bu işaret gerçekten doğru ise yani proseste hakikaten bir değişim olmuşsa bu işaret üzerine yapılan araştırma sırasında geçen süre D_1 ve sebebin araştırılıp ortadan kaldırılması için katlanılan maliyet $a_3 + \Delta$ olmaktadır. Burada a_3 sebebin araştırılıp bulunması, Δ da bu sebebin ortadan kaldırılması maliyetidir.

Bu durumda böyle bir model için üretim çevrimi dört peryodu içermektedir. Bunlar;

1. $1/\lambda$ beklenen zamanı ile kontrol altında olma peryodu,
 2. $h/(1-\beta)-\tau$ beklenen zaman ile kontrol dışı olma peryodu,
 3. $\alpha D_0 e^{-\lambda h}/(1-e^{-\lambda h})$ beklenen zamanı ile yanlış yere araştırma peryodu,
 4. D_1 beklenen zamanı ile değişim sebebinin araştırılması ve düzeltilmesi peryodudur.
- Böylece ortalama çevrim peryodu;

$$E(T) = \frac{1}{\lambda} + \frac{h}{1-\beta} - \tau + \frac{\alpha D_0 e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} + D_1 \quad 3.19$$

Şeklinde ifade edilmektedir. Çevrim boyunca beklenen net gelir ise daha önce verilen denkleme benzetilerek

$$E(C) = V_0 \left(\frac{1}{\lambda} \right) + V_1 \left(\frac{h}{1-\beta} - \tau \right) + \frac{a_3 \alpha \cdot e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} - (a_3 + \Delta) - \frac{(a_1 + a_2 n) \cdot \left[\frac{1}{\lambda} + \frac{h}{1-\beta} - \tau \right]}{h}$$

3.20

ve saatte beklenen net gelir ise;

$$E(A) = \frac{E(C)}{E(T)} = \frac{\left\{ V_0 \left(\frac{1}{\lambda} \right) + V_1 \left(\frac{h}{1-\beta} - \tau \right) + \frac{a_3 \alpha \cdot e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} - (a_3 + \Delta) - \frac{(a_1 + a_2 n) \cdot \left[\frac{1}{\lambda} + \frac{h}{1-\beta} - \tau \right]}{h} \right\}}{\left\{ \frac{1}{\lambda} + \frac{h}{1-\beta} - \tau + \frac{\alpha \cdot D_0 e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} + D_1 \right\}}$$

3.21

olarak ifade edilmektedir. Ve $a_4 = V_0 - V_1$ denilerek yukarıdaki eşitlik ; $E(A) = V_0 E(L)$ olarak yazılabilmektedir. Burada ;

$$E(L) = \frac{\left\{ (a_1 - a_2 n) \cdot \frac{\left[\frac{1}{\lambda} + \frac{h}{(1-\beta)} - \tau \right]}{h} + a_3 + \Delta + \left[\frac{\alpha \cdot e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} \right] \cdot (V_0 D_0 + a_4) \cdot \left[\frac{h}{(1-\beta) \cdot \tau} \right] \right\}}{\left\{ \frac{1}{\lambda} + \frac{h}{1-\beta} - \tau + \frac{\alpha \cdot D_0 e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} + D_1 \right\}}$$

3.22

dır. $E(L)$ ifadesi prosesin bir saatlik beklenen kaybını göstermektedir. Bu ifade de yine n , k ve h nın bir fonksiyonu olup direkt arama metotları ile minimize edilebilmektedir.

Bu modelin nümerik çalışmalarını Pangos, Heikes ve Montgomery gibi araştırmacılar yapmış olup sonuçlar Duncan'ın değişim sebebini araştırma safhasında üretimin

durdurulmasını öngören modeli ile kıyaslandığında bu modellerin çözüm için daha büyük nümune hacmi, daha geniş bir kontrol limiti ve daha büyük bir nümune alma aralığı verdiği görülmektedir.

Şimdiye kadar bahsedilmiş bulunan modellerde de proseste değişimin meydana gelme mekanizmasının üstel bir fonksiyona göre olduğu ön görülmekteydi. Ancak Baker (1971) çalışmasında Poisson ve geometrik dağılımları mukayese etmiş ve proses bozulma mekanizması geometrik dağılıma uyduğu durumda daha küçük bir numune hacmi ve daha dar bir kontrol limiti gerektiğini görmüştür[8]. Daha dar bir kontrol limiti sınırı gerekli olmaktadır, ve bu durumda yanlış alarm faydalı olmaktadır. Çünkü bu durumda yanlış bir alarm gerçek bir değişimi erteleyebilmektedir. Zira geometrik dağılımın özelliği olarak uzun süre bir prosesin kontrol altında olmasının mümkün olmadığı görülmüştür. Ve yine ekonomik kontrol kartları dizaynının proses bozulma mekanizmasının seçimine duyarlı olduğunu ve özellikle bunun prosesteki değişimlerin küçük olduğu durumlarda çok önemli olduğu gösterilmiştir.

Banerjee ve Rahim (1988) gibi araştırmacılar Baker'in modelini geliştirerek proses bozulma mekanizmasına Weibull dağılımını uygulamışlardır [8]. Bununla beraber Mc Williams [11] Weibull dağılımını kullanarak yaptığı duyarlılık analizinde bu dağılımın parametrelerinin muhtelif değerleri için kontrol kartı parametrelerinin (n, k, h)'nin davranışını incelemiş ancak kontrol kartı parametrelerinin dağılımın şekline karşı fazla duyarlı olmadığını görmüştür.

Ekonomik proses kontrol planları ile ilgili bir başka yaklaşımın Baxley [12] tarafından getirilmiştir. Baxley, modelinde sabit numune alma aralığı yerine değişen numune alma aralığını kullanmış ve bu modelin özellikle atölye tipi üretimlerde takım aşınmasının ve yorulmasının söz konusu olduğu proseslerde diğer sabit aralıklı numune alma modellerine göre daha üstün olduğunu ifade etmiştir.

Bunlardan başka gene farklı bir model yaklaşımı Gibra (1971) tarafından

geliştirilmiştir. Bu model Duncan'ın modelinde olduğu gibi değişimin sebebini araştırma safhasında prosesin durdurulmasını ön gören fakat aynı zamanda; numunenin alınması, kontrol edilmesi, sonuçların yorumlanması ve değişim (shift) sebebini araştırılması ve elimine edilmesi için gerekli zamanın Erlang modeline uyduğunu kabul eden bir modeldir[8]. Bu modelde başka bir farklılık da en kötü kalite düzeyi çevrimi kavramıdır (Worst cycle quality level WCQL). Bu modelde kalite çevrimi prosesin peş peşe kontrol altındaki durum aralığı (enterval) olarak tarif edilmiştir. Böylece En Kötü Kalite Düzeyi Çevrimi (E.K.D.C) prosesin kontrol dışı periyodu boyunca üretilen ve uygun olmayan ürün veya parçaların beklenen miktarının üst limitini vermektedir. Modelde \bar{x} -kartının parametreleri o şekilde seçilmektedir ki E.K.D.C yi elde etmeyi amaçlayan minimum maliyeti elde etmek mümkün olabilmektedir.

Ekonomik ve istatistiksel proses kontrol planları için oluşturulan modellerde varsayılan üretim tipi daha çok kesintisiz (infinite) tip bir üretimdir. Bununla beraber bu kontrol planları kesintili veya sonlu (finite) üretim tipleri içinde uygulanmakta olup bu maksatla geliştirilen modeller arasında Collani [13]'nin, Castillo ve Montgomery [14], Collani, Saniga ve Weigand [15] modellerinden bahsedilebilir.

Parkideh ler ise [16] Kontrol kartlarının ekonomik tasarımında kontrol sınırlarına ait parametre olan k nin sadece harekete geçme kararı verdirecek nihai kontrol sınırları için değil aynı zamanda kontrol kartında işaretlenmiş noktaların belli sayıdaki yağlımaları halinde bir anlam taşıyan klasik kartlardaki 2 Sigma ve 1 Sigma sınırlarının da optimize edilmesini sağlayanlar model teklif etmişlerdir.

Yine kontrol kartı parametrelerinin ekonomik ve istatistiksel tasarımı için geliştirilen modeller arasın da Keat ve Miskulin [17]'nin modeli optimizasyonda bazı kısıtların kullanımı gibi bir değişikliği getirmektedir. Bu kısıtlar özellikle fazla sayıda numune almanın elverişsiz olduğu ve keza muhtemel yanlış alarmların fazla olduğu durumlarda prosesin çok olumsuz etkileneceği durumlar için modele konulmuş kısıtlar olup optimal çözümler bu kısıtlar göz önünde bulundurarak yapılmaktadır.

Optimum ekonomik ve İstatistiksel proses kontrol planları için gerekli olan kontrol kartı parametrelerinin tesbitinde farklı bir yaklaşımda Castillo, Mackin ve Montgomery[18] tarafından getirilmiştir. Bu modelde optimizasyon çok amaçlı nonlineer optimizasyon kriter ve algoritmaya göre yapılmaktadır. Bu modelin en belirgin özelliği kontrol kartı parametrelerinin optimum değerleri bulunurken sadece numune alma maliyetlerinin kullanılması, prosesin kontrol dışına çıkması ve yanlış alarmlar sonucu olabilecek maliyetlerin modelde kullanılmamasıdır. Bunun sebebi ise optimum ekonomik kontrol kartlarının tasarımı ile ilgili yapılan eleştiriler arasında bu tür optimizasyonların çağdaş toplam kalite yönetimi ile bağdaşmadığı ve bu arada Deming ' in de çok sıkı bir kalite kontrolü ile sıfır hatayı hedefleyen beklentisine uyulmadığı eleştirisine katılarak prosesin kontrol dışına çıkmasının ve yanlış alarmlar sonucu oluşacak araştırma maliyetlerin kabul edilmeyerek göz önünde bulundurulmamasıdır.

Bu modellerle ilgili olarak fazla olmasa da bilgisayar programları yazılmıştır. Bunlar tek sebepli, çok sebepli, kesikli ve kesiksiz üretim tipleri için \bar{x} kontrol kartları ve özellikler için geliştirilmiş bilgisayar programlarıdır. Bunlardan bazıları Mc Williams[19] ve Jaraidi ve Zhuang[20]'e ait programlardır.

3.2.4 Kalite parametrelerini etkileyen sebeplerin birden fazla olduğu modeller (çok sebepli değişim modelleri)

Daha önce tanıtılan modellerin hepsinde etkisi bilinen ve tesadüfi şekilde meydana geldiği kabul edilen değişim sebebinin yalnız bir tane olduğu varsayılmıştır. Halbuki bir çok üretim prosesinde değişime sebep olan faktörün birden fazla olduğu ve böyle durumlarda tek değişim sebepli modellerin bu prosesler için yetersiz kalacağı ileri sürülmektedir. Bunun için bu bölümde çok sebepli Değişim Modelleri denilen, proseste meydana gelen değişimin farklı bir kaç sebepten ileri geldiği durumlarda kontrol kartlarının ekonomik tasarımından bahsedilecektir. Ve biri Duncan (1971) diğeri de Knappenberger ve Grandage (1969) tarafından geliştirilen iki model incelenecektir.[8]

3.2.4.1 Duncan'ın çok sebepli değişim modeli

Bu model daha önce belirttiğimiz Duncan'ın (1956) tek sebepli modelinin geliştirilmiş şeklidir. Bu modelde de bir tane kontrol altında olma durumu (μ_0) vardır. Proseste değişim meydana gelip kontrol dışı bir durum söz konusu olduğunda bu değişimin genliği δ_j , $j=1,2,1\dots s$ olmaktadır. Böylece bu değişim dolayısıyla proses karakteristiği ortalaması μ_0 dan $\mu_j = \mu_0 + \delta_j\sigma$ değerlerine gelmektedir. Proseste bir değişim olduğu zaman bu değişimin artmayıp sabit kaldığı ve yine bu modelde de prosesin durdurulmadığı varsayılmaktadır.

Öngörülen hususlardan bir tanesi de değişime sebebiyet veren faktörlerin ortaya çıkma zamanlarının, bir birinden bağımsız, tesadüfi ve ortalaması $1/\lambda_j$, $j=1,2\dots s$ olan bir üstel değişim göstermesidir. Bu bakımdan prosesin kontrol altında olma durumunun süresi s adet bağımsız, tesadüfi üstel değişkenin minimumu olarak düşünülmektedir. Bu $1/\lambda = 1/\sum_{j=1}^s \lambda_j$ ortalamalı tesadüfi üstel bir değişimdir. Kontrol kartının j inci değişim sebebini yakalama olasılığı daha öncede ifade edildiği gibi;

$$1 - \beta_j = \int_{-\infty}^{k - \delta_j \sqrt{n}} \phi(z) dz + \int_{k - \delta_j \sqrt{n}}^{\infty} \phi(z) dz \quad 3.23$$

şeklinde. j ninci değişim faktörünün ortaya çıkmasından sonra bu değişimin kontrol kartında mutlaka farkedilebilmesi için beklenen nümune sayısı $1/(1-\beta_j)$ dir. Ayrıca değişim daha çok peş peşe alınan nümune alma zamanı içinde ve ortalama τ_j süresi içinde ortaya çıkacaktır. Bu bakımdan j ninci değişim faktörünün ortaya çıkması ile bunun farkedilmesi arasında geçen süre $h/(1-\beta_1) - \tau_j$ dir. τ_j ise;

$$\tau_j = \frac{\int_{uh}^{(u+1)h} e^{-\lambda_j t} \lambda_j (t - uh) dt}{\int_{uh}^{(u+1)h} e^{-\lambda_j t} \lambda_j dt} = \frac{1 - (1 + \lambda_j h) e^{-\lambda_j h}}{\lambda_j (1 - e^{-\lambda_j h})} \quad 3.24$$

olmaktadır.

Üretim çevrimi dört periyodu ihtiva etmektedir:

1) $1/\lambda$ beklenen uzunluğu ile kontrol altındaki periyot

2) $\sum_{j=1}^s \lambda_j [h/(1-\beta_j) - \tau_j] / \lambda$ beklenen uzunluğu ile kontrol dışı periyot

3) n hacimli bir nümunenin alınması ve analiz edilmesi periyodu

4) Değişim sebebin bulunması periyodu. Şayet j inci sebebin ortaya çıkışı için D_j saat gerekli ise o zaman bir çevrim boyunca meydana gelebilecek değişim sebeplerinin ortaya çıkarılabilmesi için gerekli zaman $\sum_{j=1}^s \lambda_j D_j / \lambda$ ve netice olarak çevrimin beklenen uzunluğu,

$$E(T) = \frac{1}{\lambda} + \frac{\sum_{j=1}^s [h/(1-\beta_j) - \tau_j] \cdot \lambda_j}{\lambda} + gn + \frac{\sum_{j=1}^s \lambda_j D_j}{\lambda}$$

$$= \frac{1 + \sum_{j=1}^s [h/(1-\beta_j) - \tau_j + gn + D_j] \cdot \lambda_j}{\lambda}$$

3.25

olmaktadır.

a_{3j} : j inci değişim sebebinin ortaya çıkarılmasının maliyetini

a_{4j} : j inci değişim sebebi mevcut olduğunda ortaya çıkabilecek uygun olmayan parça veya ürünün maliyetini göstermektedir. Bu durumda bir çevrim boyunca beklenen maliyet;

$$E(C) = \frac{\sum_{j=1}^s a_{4j} \lambda_j [h / (1 - \beta_j) - \tau_j + gn + D_j] + \sum_{j=1}^s \lambda_j a_{3j}}{\lambda} +$$

$$\frac{a_3' \alpha e^{-\lambda h}}{(1 - e^{-\lambda h})} + \frac{(a_1 + a_2 n) E(T)}{h}$$

3.26

olmaktadır.

Birim zamandaki maliyet ise ;

$$E(A) = \frac{E(C)}{E(T)} = \frac{a_1 + a_2 n}{h} + \left\{ \sum_{j=1}^s a_{4j} \lambda_j [h / (1 - \beta_j) - \tau_j + gn + D_j] / \lambda + \right.$$

$$\left. \sum_{j=1}^s \lambda_j a_{3j} / \lambda + a_3' \alpha e^{-\lambda h} / (1 - e^{-\lambda h}) \right\} / \left\{ 1 / \lambda + \sum_{j=1}^s \lambda_j [h / (1 - \beta_j) - \tau_j + gn + D_j] / \lambda \right\}$$

3.27

olmaktadır. Görülüyor ki E(A) kontrol kartı dizayn parametreleri olan n, k ve h nın bir fonksiyonudur (k değeri α nın içindedir).

Duncan optimum n, k ve h değerlerinin bulunması için direkt arama metodlarını kullanmaktadır. Bununla beraber bu model de tam gerçekçi bir model olarak telakki edilmemektedir[8].

3.2.4.2 Knappenberger ve Grandage'nin çok değişim sebepli modeli

Knappenberger ve Grandage (1969) de prosesin bir kaç sebepten etkilendiği durumlar için optimum ekonomik kart tasarım modeli geliştirmişlerdir [8]. Bu modellerde kontrol altında olma durumu μ_0 ve kontrol dışı durumlar $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_s$ ($\mu_j > \mu_i$ eğer $j > i$ ise) ile gösterilmiştir. Bu model Duncan'ın (1971) geliştirdiği modelden dikkate değer bir şekilde farklıdır. Zira Duncan'ın modelinde herhangi bir j ninci sebebin oluşturduğu değişimi düzeltinceye kadar değişimin aynı kaldığı kabul

edilirken bu modelde değişmeler sabit kalmamaktadır. Ayrıca bir başka farklılıkta kontrol dışı bir sinyal aldığıında bunu araştırmak için proses durdurulmakta ve araştırmanın tamamlanmasını müteakip prosese tekrar devam edilmektedir. Burada amaç, üretimin birim ünitesi başına proses kontrol maliyetinin beklenen değerini minimize etmektir. Yani;

$$E(C) = E(C_1) + E(C_2) + E(C_3) \quad 3.28$$

fonksiyonunun minimizasyonudur.

Burada $E(C_1)$; birim üretim başına numune alma ve test etme maliyetinin beklenen değerini, $E(C_2)$; Kontrol dışı sinyallerin soruşturulması ve muhtemel düzeltme maliyetinin beklenen değerini, $E(C_3)$: Uygun olmayan üretimin birim başına düşen ceza maliyetinin beklenen değerini göstermektedir. Kontrol kartlarının tasarım parametreleri olarak numune hacmi için n , iki ardışık numune alma arasında üretilen ünite sayısı m ve gene sigmanın çarpanı olarak kabul edilen kontrol limiti sınırı k alınmaktadır.

Numune alma ve test etme maliyeti;

$$E(C_1) = \frac{a_1 + a_2 n}{m} \quad 3.29$$

olarak ifade edilmektedir. Şayet R saatteki üretim miktarını gösterirse o zaman numuneler arası saat sayısı $h = m / R$ olmaktadır.

a_3 : Kontrol dışı bir sinyalin araştırılması ve gerekiyorsa düzeltilmesinin maliyeti olup araştırma sırasında prosesin durdurulduğu öngörüldüğünden araştırma sırasında üretimin durdurulması sonucu ortaya çıkacak fırsat kayıplarını da içermektedir. Burada doğru ve yanlış alarm sonucu yapılacak soruşturma veya araştırma maliyetleri aynı kabul edilmektedir. Ayrıca z ile gösterilen ve \bar{x} noktaları kontrol dışına çıktığı

zaman $z=1$ değerini alan tesadüfi değişen bir gösterge tarif edilmiştir. Araştırma ve muhtemel düzeltmenin birim ürün için beklenen maliyet ise;

$$E(C_2) = \frac{a_3 P\{z=1\}}{m} \quad 3.30$$

dir.

$\alpha_j : j=0,1,2,\dots,s$ olmak üzere proses kalite parametresi μ_j iken bir \bar{x} noktasının kontrol dışına çıkma olasılığını vermektedir. $\alpha_0 : I$. tip hatanın olasılığını vermekte ve $\alpha_j : j=1,2,\dots$ test gücü olmaktadır. ($\alpha_j = 1 - \beta_j$ olarak daha öncede tarif edilmişti.) ve yine $q_j : j = 1,2,\dots,s$ olmak üzere numunenin alındığı anda prosesin μ_j durumunda olmasının olasılığı olarak tarif edilmiştir. O zaman;

$$P\{z=1\} = \sum_{j=0}^s \alpha_j q_j \quad 3.31$$

yazılacağından,

$$E(C_2) = \frac{a_3 \sum_{j=0}^s \alpha_j q_j}{m} \quad 3.32$$

olacaktır.

W da ürün ünitesinin spesifikasyonlara uyması halinde $W=0$ değerini alan, uymadığı zaman $W=1$ değerini alan gösterge tesadüfi değişken olarak tarif edilmektedir. f_j ise $j=0,1,2,\dots,s$ olmak üzere ürün ünitesinin prosesin μ_j durumunda ürünün istenen değerlere uymama olasılığını vermektedir. Şayet ASL e ÜSL ürün için tarif edilmiş alt ve üst spesifikasyon limitleri olarak tarif edilmiş ise;

$$f_j = 1 - \int_{LSL}^{USL} \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2} dx \quad 3.33$$

olacaktır.

γ_j : Prosesin her hangi bir zamanda μ_j düzeyinde olma olasılığını göstermektedir. O zaman uygun olmayan üretim ünitesinin beklenen maliyeti

$$E(C_3) = a_4 p \{W=1\} = a_4 \sum_{j=0}^s f_j \cdot \gamma_j \quad 3.34$$

olmakta ve beklenen toplam maliyet ise ;

$$E(c) = \frac{a_2 + a_2 \cdot n}{m} + \frac{a_3 \sum_{j=0}^s \alpha_j \cdot q_j}{m} + a_4 \cdot \sum_{j=0}^s f_j \cdot \gamma_j \quad 3.35$$

olmaktadır. Maliyet katsayıları (a_i) ve olasılık katsayıları (f_i) ler, kontrol kartı tasarım parametreleri n , m ve k dan bağımsızdırlar. Bununla beraber (α_j), (γ_j) ve (q_j) kontrol kartı tasarım parametrelerine bağımlıdırlar.

(q_j) elemanları numune alma zamanında prosesin μ_j durumunda olduğu olasılıktır. Bu olasılıklar bir B geçiş matrisi tarafından oluşturulmaktadır. B matrisinin elementleri (b_{ij})'ler m ünitelik bir üretim boyunca procesteki değişimin μ_i seviyesinden μ_j seviyesine gelme olasılığını göstermektedir. Prosesin kontrol altında bir durumda başladığı ve ortalaması $1/\lambda$ olan tesadüfi üstel bir fonksiyona göre kontrol altında devam ettiği kabul edilmektedir. O halde m ünitelik bir üretimin kontrol altında yapılmasının olasılığı;

$$p_{oo} = 1 - \int_0^{m/R} \lambda \cdot e^{-\lambda t} dt = e^{-\lambda m/R} \quad 3.36$$

olmaktadır. Değişimin μ_0 durumundan direkt μ_j durumuna geçiş olasılığını veren $1 - e^{-\lambda m/R}$ olasılığı ile metodu tasarlamak daha gerekli görülmekte ve Knappenberger ve Grandage (1969) aşağıdaki olasılık fonksiyonunu teklif etmektedirler.

$$p_{0j} = \binom{s}{j} \frac{(1 - e^{-\lambda m/R}) \theta^j (1 - \theta)^{s-j}}{1 - (1 - \theta)^s} \quad j=1,2,\dots,s \quad 3.37$$

Böylece olasılık fonksiyonu (P_{00} , P_{01} , P_{02} , ... P_{0s}) prosesin μ_0 durumundan direkt olarak kontrol dışı μ_j durumuna geçişin olasılığını vermektedir. Bu dağılımın biçimi θ parametresi tarafından belirlenmektedir. θ nın büyük değerleri için negatif bükülme ve küçük değerleri için de pozitif bükülme görülmektedir. Prosesin μ_i gibi kontrol dışı bir durumdan başka bir kontrol dışı durum olan μ_j durumuna geçmesinin olasılığı ($j > i$) P_{ij} ile gösterilmekte ve bu olasılığın μ_0 dan μ_j geçiş olasılığı ile orantılı olduğu kabul edilmektedir. Bu bakımdan;

$$P_{ij} \begin{cases} \frac{P_{0j}}{1 - P_{00}} & 0 < i < j \\ \frac{\sum_{r=1}^j P_{0r}}{1 - P_{00}} & i = j > 0 \\ 0 & 0 < i > j \end{cases} \quad 3.38$$

yazılmaktadır.

P_{ij} lerle ilgili yapılan bu matematik ayrıntılı mülahazaların nümerik çalışmalarda modelin performansında önemli bir rol oynamadıkları görülmüş ve P_{ij} ler için daha

çok kalite veya imalat mühendisinin tecrübeleri ile elde edilme yoluna gidilmiştir.

(p_{ij}) yi kullanırken B geçiş matrisin elemanlarının tanımlanması gerekmektedir. Proseste meydana gelmiş bulunan bir değişimin kendi kendine düzelemeyeceği kabulüne ilaveten, iki ardışık numune alma arasında sadece bir değişimin meydana gelebileceği ve ayrıca numune alma arasında değişimin meydana gelme olasılığının sıfır olacağı kabul edilmektedir. b_{0j} olasılığı de u nuncu numune almada proses karakteristiği μ_0 seviyesinde iken $(u+1)$ inci numunede μ_j seviyesine gelme olasılığıdır. Tarif olarak bu olasılık;

$$b_{0j} = p_{0j} \quad j \geq 0$$

olup ve $0 \leq j < i$ olduğunda b_{ij} olasılığı prosesin u nuncu numune almada μ_i seviyesinde iken $(u+1)$ inci numune alma sırasında daha iyi bir μ_j seviyesine gelmesinin olasılığıdır. Bu ise u nuncu numunede μ_i durumunun farkedilme olasılığı çarpı m ünitelik üretimin μ_0 durumundan μ_j durumuna geçişi olasılığıdır. Yani;

$$b_{ij} = \alpha_i \cdot p_{0j} \quad 0 \leq j < i$$

dir.

$j \geq i$ için b_{ij} olasılığı prosesin u'nuncu numunedeki μ_i seviyesinden ya aynı durumdaki veya daha kötü bir durumdaki μ_j seviyesine müteakip numunede gelme olasılığıdır. Bu olasılık u nuncu numunede prosesin μ_i seviyesinde olduğunun farkedilme olasılığı çarpı gene müteakip numuneden önce prosesin μ_0 durumundan μ_j durumdaki gelmesi olasılığı artı u nuncu numunede μ_i durumunun farkedilmemesinin olasılığı ve müteakip numunede prosesin μ_i durumundan μ_j durumuna geçişi olasılığı olarak ifade edilmektedir.

$$b_{ij} = \alpha_i \cdot p_{0j} + (1 - \alpha_i) p_{ij} \quad j > i$$

$(s+1)^x (s+1)$ B matrisi periyodik olmayan tekrarlı Markov zincirinin geçiş matrisidir. Bu bakımdan numune alma zamanında prosesin μ_j durumunda olma olasılığı;

$$q' = q' B$$

Eşitliğinden bulunabilir. Burada $q' = [q_0, q_1, q_2, \dots, q_s]$ bir satır vektörü olup $(s+1)$ elemanlıdır. (q_j) elemanlarını bulmak için $q' = q' B$ eşitliğindeki $(s+1)$ denklemden her birinin,

$$\sum_{j=0}^s q_j = 1$$

sınırlamasının göz önünde bulundurularak çözülmesi gerekir. (γ_j) ler ise herhangi bir zamanda prosesin μ_j durumunda olma olasılığını vermektedir. Bilindiği gibi γ_0 : Prosesin u nuncu numune alınma sırasında μ_0 durumunda olması ve müteakip numune alıncaya kadar o durum da kalması olasılığı ile u nuncu numune almada prosesin μ_0 durumunda olması fakat müteakip numuneden önce değişim yapması olasılıkları toplamına eşittir. Netice olarak;

$$\gamma_0 = q_0 p_{00} + \tau q_0 (1 - p_{00}) \quad 3.39$$

olmaktadır. Burada τ : u nuncu ve $(u+1)$ 'inci numuneler arasında proseste bir değişim oluşuncaya kadar geçen zamanı göstermektedir. γ_j $j > 0$ için Knappenberger ve Grandage şu kabulü yapmaktadırlar;

$$\gamma_j = q_j p_{jj} + (1 - \tau) q_0 p_{0j} + (1 - \tau) \sum_{i=1}^{j-1} q_i p_{ij} + \tau q_j \sum_{k=j+1}^s p_{jk} \quad j > 0 \quad 3.40$$

dır. "Yani daha yüksek indisli durumlara geçiş eğilimi olduğunda proses daha küçük indisli durumlarda az zaman harcar ve bu zaman (τ) prosesin μ_0 durumundan μ_j durumuna geçişine de μ_0 durumunda kaldığı zamanın aynısıdır. 3.40 eşitliğinde şayet

$j=1$ ise üçüncü terim sifira eşittir, zira μ_i durumuna sadece μ_0 durumundan gelinebilir ve gene son terim $j=s$ durumunda sifira eşittir, çünkü artık daha ileri bir geçiş söz konusu değildir. Yani en büyük indisli durumdadır zaten" denilmektedir.

Knappenberger ve Grandage daha önce sözü edilen E(C) maliyet denklemini iki safhalı ızgara metodu ile çözmeyi uygun bulmuşlardır.

3.2.5 Tek ve çok sebepli değişim modellerinin karşılaştırılması

Tek sebepli değişim modeli ile gerek Duncan'ın ve gerekse Knappenberger-Grandage'lerin çok sebepli değişim modelleri karşılaştırıldığında şu hususlar göze çarpmaktadır.

- Çok sebepli değişim modelleri Tek sebepli değişim modellerine nazaran daha komplekstirler.
- Çok sebepli değişim modellerinde daha fazla bilinmesi gereken parametre vardır.
- Çok sebepli değişim modellerinde prosesin kontrol dışı durumlarını ayrıntılı olarak tesbit edebilmek oldukça güçtür.
- Çok sebepli değişim modellerinde yapılacak uygun düzenlemelerle bu modelleri oldukça doğru sonuçlar alınabilecek Tek Sebepli değişim modellerine dönüştürmek mümkündür. Mesela: Çok Sebepli Değişim modellerindeki δ_j , λ_j ve α_{4j} parametreleri için;

$$\delta = \sum_{j=1}^s \frac{\lambda_j \cdot \delta_j}{\lambda} \quad \lambda = \sum_{j=1}^s \lambda_j \quad a_4 = \sum_{j=1}^s \frac{\lambda_j \cdot \alpha_{4j}}{\lambda}$$

yazılabilmektedir.

Böylece çok kompleks bir yapıya sahip çok sebepli değişim modellerini yapılacak düzenlemelerle tek sebepli veya bir kaç sebepli değişim modeline dönüştürebilmek mümkün olabilmektedir.

Duncan ve Knapperger-Grandage'lerin çok sebepli değişim modelleri farklı amaç fonksiyonlarına sahiptir. Duncan'ın modelinde değişim sebebinin araştırılması sırasında prosesin durmadığı öngörülürken Knapperger-Grandage'lerin modelinde prosesin durduğu öngörülmektedir. Bundan başka Duncan'ın çok sebepli değişim modelinde birim zamandaki üretim maliyetinin minimizasyonu amaçlanırken Knapperger-Grandage'lerin modelinde birim üretim maliyetlerinin minimizasyonu amaçlanmamaktadır. Duncan'ın çok sebepli değişim modeli daha çok maliyet parametresi içermesi nedeni ile daha gerçekçi bulunurken Knapperger-Grandage'lerin modeli az parametre içermesi nedeni ile de uygulayıcılar için daha çekici bulunmaktadır.

3.2.6 \bar{x} Ve R kartlarının ortak optimum ekonomik tasarımı

Proses kontrolünde \bar{x} ve R kontrol kartları birlikte kullanıldıklarından bunların ortak olarak ekonomik tasarımlarının yapılması akla gelebilmektedir. Saniga (1978) \bar{x} ve R kontrol kartlarının ortak ekonomik tasarımı için bir model teklif etmiştir [8]. Araştırmacı bir prosesin üç safha ile karakterize edileceği kabulünü yapmış ve bunların birisinin kontrol altında olduğu safha diğer ikisinin kontrol dışı safha olduğunu belirtmiştir. Prosesin kontrol altında olduğu zaman proses ortalaması ve standart sapma μ_0 ve σ_0 dır. Prosesin kontrol dışında olma durumunun iki ayrı sebepten kaynaklandığını ifade etmiştir. Bunlardan birinci sebebin proses ortalamasını μ_0 dan μ_1 'e getirdiğini ancak proses standart sapmasını etkilemediğini ikinci sebebin ise proses ortalamasını σ_0 dan σ_1 getirdiğini fakat proses ortalamasını değiştirmedini ifade etmiştir. Böylece $\mu_1 > \mu_0$ ve $\sigma_1 > \sigma_0$ ve μ_0 olduğu iki kontrol dışı durum tanımlanmaktadır. Bu her iki kontrol dışı durum için devamlı bir değişim durumu öngörülmemektedir. Kontrol kartı tasarım parametreleri numune hacmi n, iki ardışık

numune arasında üretilen ürün miktarı m , \bar{x} kontrol kartı için kontrol limiti sınır $k_{\bar{x}}$ ve R kartı için üst limit sınırını veren k_R ki burada;

$$\bar{ÜKL}_R = k_R \sigma_0 \quad 3.41$$

dır.

Genel model yaklaşımı ise Knapper ve Grandge'ninkine benzemektedir. Nitekim o model yapısında E(C) maliyet fonksiyonunda (α_j) , $j>0$, 1, 2 şartlı olasılık olarak tarif edilmiş olup prosesin j ninci durumunda kontrol kartının en az bir defa kontrol dışı sinyali vermesinin olasılığını göstermektedir. $\alpha_0(\bar{x})$ ve $\alpha_0(R)$; \bar{x} ve R kartının

I. Tip hata olasılığını göstermekte gene $\alpha_j(\bar{x})$ ve $\alpha_j(R)$, $j>0$ prosesin j inci durumunda değişim yakalama olasılığını (gücünü) göstermektedir. \bar{x} ve R bağımsız tesadüfi değişkenler olduğundan

$$\alpha_0 = \alpha_0(\bar{x}) + \alpha_0(R) - \alpha_0(\bar{x})\alpha_0(R)$$

$$\alpha_j = \alpha_j(\bar{x}) + \alpha_j(R) - \alpha_j(\bar{x})\alpha_j(R)$$

yazılabilmektedir.

Burada α_0 , \bar{x} ve R kartının birlikte göz önünde bulundurulduğunda I. tip hatayı ve keza α_j , $j>0$ de testin gücünü (kontrol dışına çıkma durumunda olayı ortaya çıkarabilme kabiliyetini) göstermektedir. $\alpha_j(\bar{x})$, $j>0$ fonksiyonu direkt olarak kümülatif standart normal dağılım fonksiyonundan $\alpha_j(R)$, $j>0$ de göreceli ranj dağılımından elde edilebilmektedir. Model n, m, k_x , k_R parametrelerinin optimum ekonomik olarak bulunmasını amaçlamaktadır. Saniga yaptığı çalışmada her ne kadar kontrol kartları parametrelerini alakadar eden lokal minimum noktalar tesbit

etmişse de genelde maliyet yüzeyinin konveks olmadığını belirtmiştir. Maliyet yüzeyinin optimum civarında nisbeten düz olduğu ve maliyet katsayıları ile diğer parametrelerinin tahmininde yapılacak ılımlı hataların neticeyi ciddi olarak etkilemeyeceğini ifade etmiştir. Bununla ilgili seksenin üzerinde nümerik çalışma yapan Saniga'nın bütün örneklerde oldukça büyük proses değişimleri görülmüştür. Bu örneklerde \bar{x} ve R kontrol kartları ortak göz önünde bulundurulduğunda optimum çözüm için gerekli olan nümune alma sayısı \bar{x} kartı yalnız olarak göz önünde bulunduğu zaman gerekli olan nümune alma sayısından daha az bulunmuştur.

Saniga bir maliyet mukayeseside yapmaktadır. Öyle ki keyfi seçilmiş $n=5$, $k_{\bar{x}}=3.0$ ve $k_R=5.4$ değerlerinin kullanıldığı \bar{x} ve R kontrol kartlarında numune alma frekansı m için bulunan optimum değer ile keyfi seçilen m değerlerine karşılık gelen maliyet farkının %0.4 ile %8.2 olarak değiştiğini görmüştür.

\bar{x} ve R kartlarının ortak ekonomik tasarımında yapılabilecek ölçüm hatalarının kart parametrelerini ne şekilde etkileyebileceği Kanuzaka tarafından incelenmiş ve hataların prodesteki değişimlere göre büyük olması halinde kart parametrelerinin etkilendiği görülmüştür[9].

3.2.7 Kusurlu oranları için kontrol kartlarının ekonomik dizaynı

\bar{x} kontrol kartları için geliştirilmiş modeller kusurlu oranlarında kullanılan kontrol kartları için de adapte edilebilmektedir. Kontrol kartı P_0 merkez çizgisi ve gene üst ve alt kontrol limitleri çizgisinde oluşmaktadır. Bu limitler;

$$\text{Ü.K.L} = P_0 + k \sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{n}} \quad 3.42$$

$$\text{A.K.L} = P_0 - k \sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{n}} \quad 3.43$$

dır.

Kontrol kartı tasarım parametreleri \bar{x} kartında olduğu gibi nümune hacmi n, kontrol sınır genişliği k ve nümune alma aralığı h dır.

Burada test istatistiği yani kontrol edilen parametre \hat{P} olup

$$\hat{P} = \frac{D}{n} \quad 3.44$$

dir. Bu ifade de D, n numune hacmindeki kusurlu sayısıdır. Prosesin kontrol altında olup olmadığının kararı \hat{p} nin her iki ÜKL ve AKL sınırları içinde olup olmamasına göre verilmektedir. Bu kararı bir c kabul sayısı kullanmak sureti ile de vermek mümkündür. Bu taktirde prosesi kabul kriteri $D \leq c$ ve reddetme kriteri $D > c$ olacaktır. Bu durumda k ve c arasındaki ilişki ise;

$$\frac{\frac{c}{n}}{\sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{n}}} < k \leq \frac{\frac{c+1}{n}}{\sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{n}}} \quad 3.45$$

olur.

$$\alpha = 1 - \sum_{x=0}^c \binom{n}{x} P_0^x (1-P_0)^{n-x}$$

$$\beta = \sum_{x=0}^c \binom{n}{x} P_1^x (1-P_1)^{n-x}$$

olmaktadır.

Kurulu oranları için ekonomik proses kontrol planları ile ilgili olarak modeller geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları Ladani(1973), Chiu (1975), Montgomery, Heikan ve Nance (1975), Gibra (1978) ve Duncan (1978)dir [8].

Kusurlu oranları için geliştirilmiş bulunan ekonomik kart tasarımında göz önünde bulundurulmuş genel düşünceler şu şekilde özetlenebilir.

1. $0.1\sigma_0$ dan başlayan küçük proses karakteristiği değişimleri için c kabul ayısı genel olarak sıfır alınmalıdır. Bu küçük değişimlerde alınacak nümune sayıları daha büyük ve nümune alma aralıkları daha uzun alınmalıdır. Büyük değişimler için ise mesela $n=50$ civarında alınmalıdır.
2. Maliyet katsayıları ve diğer model parametrelerinde olabilecek değişiklikler kart parametrelerini etkilemektedir. Örneğin muayene maliyetlerindeki artış durumunda nümune hacmi azalmakta ve nümune alma aralıkları uzatılmaktadır.

Kusurlu oranları için elde edilecek optimum ekonomik kontrol kartı tasarımlarında veya başka bir deyişle optimum ekonomik proses kontrol planlarında proseste meydana gelen değişimin uyduğu istatistiksel modelin de önemli bir rolü olduğu görülmektedir. Bu özellik göz önünde bulundurulmadığında bazı durumlarda önemli ekonomik kayıplara uğranabilmektedir.

Kusurlu oranları ile ilgili proses kontrol planları için Saniga, Davis ve William gibi araştırmacılar bilgisayar programı geliştirmişlerdir [10].

3.3 Kontrol Kartı Parametrelerinin Ekonomik ve/veya İstatistiksel Tasarımı ile ilgili Modellerin Sınıflandırılması

Kontrol kartlarının tasarımı veya proses kontrol planlarının tesbiti amacı ile geliştirilen modelleri şu şekilde sınıflandırmak mümkündür.

- 1) Değişkenler için (\bar{x}) , (R) veya (σ) kontrol kartı tasarımı.
- 2) Özellikler için (p, c, np) kontrol kartı tasarımı.

Değişkenler için en çok kullanılan kontrol kartı tasarımı (\bar{x}) kontrol kartı yani kalite parametresinin ortalama değerinin izlendiği kartın tasarımıdır. Bununla beraber kalite parametrelerinin değişkenliğini izleyen (R) kartı için parametrelerin tesbiti (numune hacmi, numune alma aralığı, kontrol limitlerinin genişliği) daha çok \bar{x} kartına ile birlikte yapılmaktadır.

1.1) İstatistiksel kontrol kart tasarımı(yarı ekonomik veya semi ekonomik) ,

İstatistiksel kontrol kartı dizaynında da proseste meydana gelebilecek bir değişimi veya değişimi maksimum güvenilirlikle yakalayacak minimum numune hacmi ve minimum numune alma aralığı arandığından tam olmasa bile gene ekonomik düşünce söz konusu olduğu için bu kartlara yarı ekonomik kartlarda denilmektedir.

1.2) Ekonomik ve istatistiksel kontrol kart tasarımı,

1.2.1) Sabit aralıklarla alınan numunelere göre düzenlenmiş kontrol kartı tasarımı

1.2.2) Değişen aralıklarla alınan numunelere göre düzenlenmiş kontrol kartı tasarımı

1.2.1.1) Kalite parametrelerini etkileyen faktörlerin bir tek olduğu modeller

1.2.1.2) Kalite parametrelerini etkileyen faktörlerin birden fazla olduğu modeller

1.2.1.3) Kalite parametrelerinde meydana gelebilecek değişimlerin oluşum mekanizmasının uyduğu olasılık dağılımına göre (Normal, poisson, üstel, geometrik,

Weibull dağılımı gibi) geliştirilmiş modeller.

1.2.1.4) Kalite parametresinde bir değişimin meydana geldiği kanısına varıldığında bunun sebebinin araştırılması ve bu sebebin ortadan kaldırılabilmesi için prosesin durdurulmasına gerek görülmeyen dolayısıyla ilgili maliyetlerin göz önünde bulundurulmadığı modeller.

1.2.1.5) Kalite parametresinde bir değişimin meydana geldiği kanısına varıldığında bunun sebebinin araştırılması ve bu sebebin ortadan kaldırılabilmesi için prosesin durdurulması gerektiği dolayısıyla bu nedenle meydana gelebilecek maliyetlerin göz önünde bulundurulduğu modeller.

1.2.1.6) Kontrol kartların ekonomik ve istatistiksel tasarımında (numune hacmi, numune alma aralığı, kontrol limitlerinin genişliğinin tesbiti) maliyet unsurlarının optimizasyonu için birim zamandaki gelir kaybının minimasyonu esas alan modeller

1.2.1.7) Kontrol kartların ekonomik ve istatistiksel tasarımında maliyet unsurlarının optimizasyonu için birim ürün başına düşen maliyetin minimasyonunu esas alan modeller.

1.2.1.8) \bar{x} ve \bar{R} kontrol kartlarının ortak ekonomik ve istatistiksel tasarımı (\bar{x} ve \bar{R} kartlarına ait numune hacmi, numune alma aralığı ve kontrol limitleri genişliğinin birlikte optimize edilmesi).

1.2.1.9) Kartların ekonomik ve istatistiksel tasarımının dinamik olarak oluşturulduğu modeller

Bunlar kontrol kartı tasarım parametrelerinin zamanla değiştirildiği dinamik \bar{x} kartı tasarımlarıdır.

1.2.1.10) Kartların ekonomik ve istatistiksel tasarımında kompleks maliyet unsurlarının göz önünde bulundurup bazı basitleştirme ve kabullerin yapıldığı modeller.

1.2.1.11) \bar{X} kontrol kartının optimal ekonomik ve istatistiksel tasarımının sonlu üretim modellerinden tekrarlı ve atölye tipi üretimler için geliştirilmiş modeller

1.2.1.12) \bar{X} kontrol kartının optimal ekonomik ve istatistiksel tasarımında özellikle gözlenen kalite karakteristiğinin küçük boyutlardaki değişimini yakalaya bilmek için klasik kontrol kartlarındaki 1σ ve 2σ sınırlarında optimal ekonomik ve istatistiksel olarak tasarlandığı modeller

1.2.2) Değişen aralıklarla (entervaller ile) alınan nümunelere göre düzenlenmiş kontrol kartı tasarımı.

Bundan başka yukarıda bahsedilen modellerde göz önünde bulunduran kriterlerinin kombinasyonlarından oluşan modellerde geliştirilmiştir. Mesela Duncan'ın (1971) çok sebepli değişim modellerinde sebeplerin araştırılması için prosesin durdurulması ön görülmemişken prosesin durdurulduğu kabul edilen çok sebepli değişim modelleri olduğu gibi.

BÖLÜM 4 OPTİMUM EKONOMİK ve İSTATİSTİKSEL KONTROL PLANI UYGULAMASI YAPILAN TEKSTİL SEKTÖRÜ ve TEKNOLOJİSİNİN TANITIMI

4.1 Tekstil Sektörü Ve Türk Ekonomisindeki Yeri

Çalışma konusu seçilmiş bulunan proses kontrol planlamasının, tekstil sektörünün bir alt sektörü durumunda olan pamuk ipliği sektöründe uygulanmak istenmesi özelde pamuk ipliği sektörünün ve genelde tekstil sektörünün Türkiye ekonomisi içinde sahip bulunduğu yer dolayısıyladır.

Tekstil sektörü deyince neyin ifade edilmek istendiğini ayrıca belirlemede fayda bulunmaktadır. Zira bu konuda tam bir terminoloji birlikteliği söz konusu değildir. 1980 li yıllara gelinceye kadar konfeksiyon sanayiinin ismi fazla telaffuz edilmez ve tekstil sektörünün bir alt sektörü olarak nitelendirilir iken bu yıllardan sonra konfeksiyon sektörünün büyük ilerleme kaydetmesi nedeni ile bazı kaynaklar ve kurumlarca “Tekstil ve konfeksiyon” sektörü olarak ayrı bir şekilde ifade edilmeğe başlanmıştır. Keza başka bir terminoloji karmaşası da tekstil sektörünün bir alt sektörü durumunda olan dokuma sektöründe görülmektedir. Dokuma sektörünün gerek çalışma bakanlığı istatistiklerinde, gerek devlet istatistik enstitüsünün kaynaklarında bütün tekstil ve konfeksiyon endüstrisini ifade etmek anlamında kullanıldığını görmekteyiz. Bu çalışmada değişik literatür ve yayınların ortak noktası bulunarak tekstil sektörü deyince hammadde (elyaf), iplik, dokuma, örme, boya, terbiye ve konfeksiyon birimlerinde uğraş veren tüm üretim, ticaret ve hizmet endüstrilerinin tamamını anlamaktayız. Bununla beraber sektör ve endüstri kavramlarının da bazen eş anlamlı olarak kullanıldıkları görülmekte ancak sektör kavramının endüstri veya iş kolu kavramlarının üzerinde bir kavram olduğu ifade edilmektedir [22].

Tekstil sektörünün Türkiye'nin lokomotif sektörü olarak telakki edilmekte olduğu ve oluşturduğu katma değer, ihracat potansiyeli ve istihdam ile Türk ekonomisinde önemli bir yer işgal etmekte olduğu görülmektedir. Bu önemi Güney Anadolu Projesi (GAP) içerisinde günden güne de artmaktadır.

Türkiye 1995 yılında 8 milyar doları geçen tekstil ve konfeksiyon dış satımı gerçekleştirmiştir. Her ne kadar bu dış satımın büyük bir bölümü konfeksiyon ürünlerinden oluşmakta ise de ihraç edilen konfeksiyon ürünlerinin yapımında kullanılan iplik ve kumaşta bu sayede ihraç edilmiş olmaktadır.

Türk tekstil ve konfeksiyon sektörünün geçmişi cumhuriyetin kurulmasına kadar gitmektedir. Ancak özellikle tekstil sektöründeki en ciddi yatırımlar 1970 li yıllar ile birlikte yapılmaya başlanmıştır. 1970 li yılların başında devlet tarafından sağlanan özendirme sayesinde Türkiye'nin iplik üretim kapasitesi birden artarak dünya çapında bir büyüklüğe ulaşmıştır. Bu büyüklüğün getirdiği üretim tamamı ile tüketilmeyince Türkiye'den iplik dış satımı başlamıştır [23]

Türkiye'de konfeksiyon sektörünün hammaddesi olan hemen her türlü iplik üretilmektedir. Ancak bu iplikler arasında en büyük pay hiç kuşkusuz ki pamuk ipliğidir. Yılda 600 bin ton dolayında prese pamuk üreten Türkiye bu üretimin büyük bir kısmını kendi ülkesinde ipliğe ve daha ileri ki aşamalarında konfeksiyon ürünlerine dönüştürmektedir. Sözü edilen kaynakta pamuk ipliğinin tekstil sektörü içindeki yeri için ; "Tekstil ve konfeksiyon üretiminin ilk aşaması hiç şüphesizdir ki pamuktur. Ancak hem pamuk hem de konfeksiyon üretiminin lokomotifinin iplik sektörü olduğunu söylemek yanlış bir saptama olmaz. Çünkü üretilen pamuğun değerlendirilmesinin tek yolu bu pamuğun iplik haline getirilmesidir. Demek ki 'bu anlamda bir iplik sektörüne gereksinim bulunmaktadır. Konfeksiyon sektörü açısından bakıldığında ise bu sektörün en büyük girdisinin iplik olduğu ortaya çıkar. Her ne kadar dış alım ile iplik gereksinimi karşılanabilirse de "taşınma su ile değirmen dönmeyeceği gibi ithal iplik ile de Dünya çapında rekabet gücü olan bir konfeksiyon sektörünün kurulamayacağı açıktır. Bu gözlemler altında pamuk ipliğinin hem tarım

üretimi hem de sanayi üretimini destekleyen bir yönü olduğu ortaya çıkmaktadır." denilmektedir[23]. Bu tespitler böylesine ekonomik değeri olan pamuk ipliğinin kalite seviyesinin yükseltilmesine yönelik kalite kontrol çalışmalarının da planlı, programlı, güvenilir ve ekonomik yapılması gereğini ortaya koymaktadır.

Tekstil ve konfeksiyon sektörü ile bunların alt sektörü durumundaki iplik ve özellikle pamuk ipliği sektörüne ait ihracat ve ithalat miktarları ve bunların parasal değerleri Tablo 4.1, 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 den görüleceği üzere 1995 yılında Türkiye toplam ihracatı 22 milyar dolar civarında iken tekstil ve konfeksiyon sektörü bunun 8 milyar dolarını gerçekleştirmiş ve bunun 6 milyar dolarından fazlası da konfeksiyon sektörü tarafından gerçekleştirilmiştir. Aynı yıl Türkiye toplam ithalatı 36 milyar dolar civarında iken tekstil ve konfeksiyon sektörü bunun 3 milyar dolara yakın miktarını gerçekleştirmiştir. Böylece tekstil ve konfeksiyon sektörünün net ihracatçı bir sektör olduğu ve Türkiye toplam ihracatının % 40 ına yakın bir kısmının tekstil ve konfeksiyon sektörü tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir.

Tablo 4.1 Türkiye'nin Tekstil Dış Satımı (İhracatı)

	İHRACAT	1994		1995		Değer(\$) yıllık değişim oranı
		Miktar (kg)	Değer (\$)	Miktar (kg)	Değer (\$)	
50	İpek	156.431	1.295.912	102.395	665.887	-49 %
51	Yapağı ve yün, ince veya kaba hayvan kılı, iplik ve dokunmuş mensucat	7.788.303	52.749.006	6.383.948	75.377.216	43 %
52	Pamuk, iplik ve dokunmuş mensucat	196.607.401	601.459432	121.952.065	506.207.207	-19 %
53	Dokunmaya elverişli diğer bitkisel lifler, iplik ve dokunmuş mensucat	759.515	2.845.643	346.500	1.267.371	-55 %
54	sentetik ve suni filamentler	88.469.203	265.314.103	77.448.690	389.344.779	47%
55	sentetik ve suni devamsız lifler	116.469.203	439.976.798	117.537.754	574.235.335	31 %
56	vatka, keçe ve dokunmamış mens.	3.002.139	9.130.960	3.871.800	15.446.763	69 %
57	Haltı ve yer kaplamaları	26.679.408	252.527.427	30.222.373	252.248.880	0 %
58	Özel dokunmuş, tufile edilmiş mensucat, dantela, duvar halıları, şeritçi ve kayıncı eşyası, işlemler	12.921.482	108.618.154	13.968.868	126.555.187	17 %
59	Emdirilmiş, sıvanmış, kaplanmış veya lamine mensucat, teknik eşya	15.211.491	70.282.895	19.382.975	104.806.786	49 %
60	Örme eşya	25.839.342	140.588.385	13.151.189	84.509.675	-40 %
	TEKSTİL TOPLAMI	493.843.623	1.944.788.715	404.368.557	2.130.665.086	10 %
61	Örme giyim eşyası ve aksesuarı	146.150.148	2.580.710.695	158.108.300	3.446.206.194	34 %
62	Örülmemiş giyim eşyası ve aksesuarı	82.518.273	1.527.155.430	98.504.569	2.202.677.836	44 %
63	Dokunmaya elverişli maddelerden diğer hazır eşya	80.291.545	382.174.031	96.843.931	539.617.913	41 %
	KONFEKSİYON TOPLAMI	308.959.964	4.490.040.156	353.456.800	6.188.501.943	38 %
	TEKSTİL+ KONFEKSİYON	802.803.857	6.434.828.871	757.825.357	8.319.167.029	29 %
	TÜRKİYE GENEL		18.106.058.214		21.635.900.876	19 %
	TEKSTİL + KONFEKSİYONUN TÜRKİYE GENELİ İÇİNDEKİ PAYI		35.5 %		38.5 %	

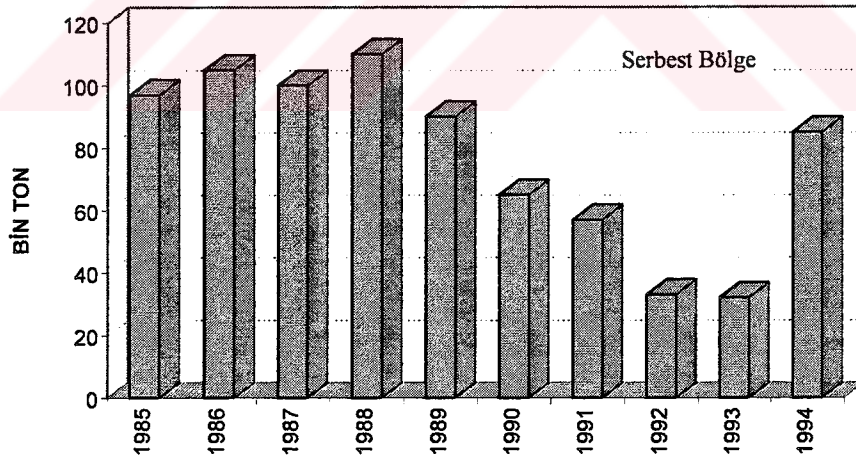
Tablo 4.2 Türkiye'nin Tekstil Dış Alımı (İthalatı)

	İTHALAT	1994		1995		Değer(\$) yıllık değişim oranı
		Miktar (kg)	Değer (\$)	Miktar (kg)	Değer (\$)	
50	İpek	105.711	3.120.449	233.593	4.883.647	57 %
51	Yapağı ve yün, ince veya kaba hayvan kılı, iplik ve dokunmuş mensucat	32.435.760	125.762.289	51.404.571	238.943.699	90 %
52	Pamuk, iplik ve dokunmuş mensucat	232.120.917	549.156.491	293.883.975	885.904.165	61 %
53	Dokunmaya elverişli diğer bitkisel lifler, iplik ve dokunmuş mensucat	33.860.461	45.715.563	51.162.421	58.084.161	27 %
54	sentetik ve suni filamentler	77.322.756	281.995.048	117.980.158	497.585.966	76 %
55	sentetik ve suni devamsız lifler	162.209.379	353.574.444	222.058.166	647.555.731	83%
56	votka, keçe ve dokunmuş mens.	6.702.013	36.184.223	11.493.217	61.968.914	71%
57	Halı ve yer kaplamaları	887.158	4.796.867	1.281.446	7.316.667	53 %
58	Özel dokunmuş, tufile edilmiş mensucat, dantela, duvar halıları, şeritçi ve kaytancı eşyası, işlemler	7.503.103	55.598.039	8.491.930	83.250.027	50 %
59	Emdirilmiş, sıvanmış, kaplanmış veya lamine mensucat, teknik eşya	8.968.780	54.205.969	12.029.147	72.099.480	33 %
60	Örme eşya	15.434.906	90.588.050	8.334.349	64.203.633	-29 %
	TEKSTİL TOPLAMI	577.151.344	1.600.697.432	778.802.973	2.621.797.090	64 %
61	Örme giyim eşyası ve aksesuarı	949.908	9.170.733	716.739	13.997.916	53 %
62	Örülmemiş giyim eşyası ve aksesuarı	729.203	19.613.981	1.099.909	27.747.060	41 %
63	Dokunmaya elverişli maddelerden diğer hazır eşya	8.797.173	7.802.048	8.897.449	17.534.388	125 %
	KONFEKSİYON TOPLAMI	10.476.284	36.586.762	10.714.097	59.297.364	62 %
	TEKSTİL+ KONFEKSİYON	587.627.628	1.637.284.194	789.517.070	2.681.076.454	64 %
	TÜRKİYE GENEL		23.270.018.642		35.709.011.197	53 %
	TEKSTİL + KONFEKSİYONUN TÜRKİYE GENELİ İÇİNDEKİ PAYI		7,0 %		7,5 %	

Tablo 4.3 Türkiye'nin Pamuk İpliği Dış Satımı (İhracatı) 1985-1994

Yıllar	Miktar Ton	Değer 000 \$	Birim Fiyat \$/ kg
1985	95.863	252.733	2,64
1986	103.571	278.815	2,69
1987	101.293	340.417	3,36
1988	107.391	358.662	3,34
1989	88.851	265.020	2,95
1990	68.168	247.540	3,63
1991	56.736	184.319	3,25
1992	32.773	100.003	3,05
1993	31.516	74.636	2,37
1994	86.802	250.517	2,89

Kaynak DTM

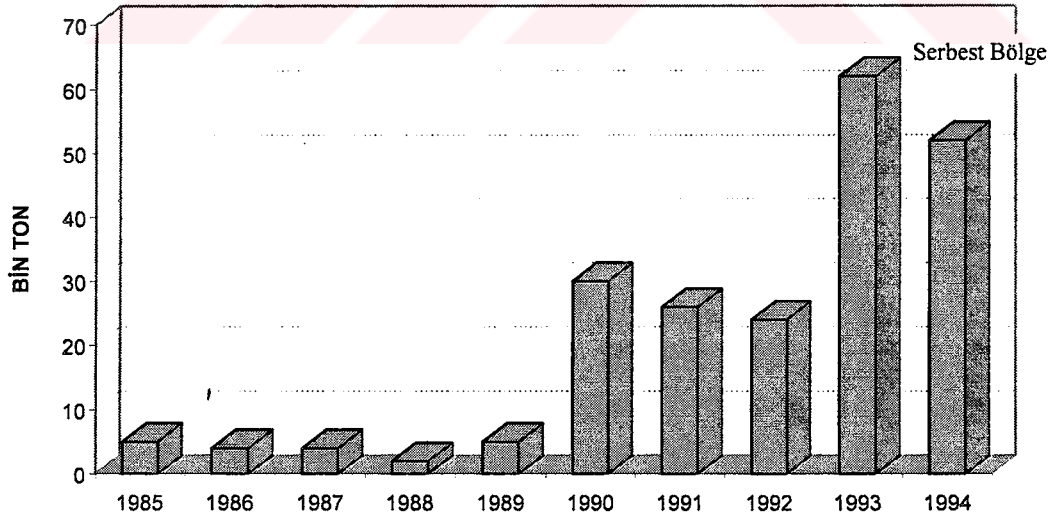


Şekil 4.1 Türkiye'nin Pamuk İpliği Dış Satımı (İhracatı) 1985-1994

Tablo 4.4 Türkiye'nin Pamuk ipliği Dış Alımı (İthalatı) 1985-1994

Yıllar	Miktar Ton	Değer 000\$	Birim Fiyat \$/kg
1985	5.096	14.850	2,91
1986	2.881	12.711	4,41
1987	2.957	8.870	3,01
1988	1.109	4.609	4,16
1989	3.957	14.671	3,71
1990	30.902	94.170	3,05
1991	26.753	81.217	3,04
1992	25.711	74.959	2,92
1993	62.133	167.797	2,70
1994	53.289	167.247	3,13

Kaynak DTM



Şekil 4.2 Türk Pamuk İpliği Dış Alımı (İthalatı) 1985-1994

Tablo 4.5 Belli Başlı Pamuk Üreticisi Ülkelerin 1996/97 Üretim Ve Tüketim Tahminleri

(Cotlook Tahmini)

1996/97 ÜRETİM	1996 /1997 ÜRETİM 1000 Ton	1996 /1997 TÜKETİM 1000 Ton
ABD	4.137	2.395
Çin Halk Cumhuriyeti	4.000	4.550
Hindistan	2.435	2.579
Pakistan	1.768	1.564
Özbekistan	1.280	-
Türkiye	781	900
Avustralya	533	-
Brezilya	470	850
Yunanistan	410	128
Arjantin	400	90

Kaynak: 19 Temmuz 1996 tarihli Cotton Outlook

Tablo 4.6 Dünya Pamuk Üretim, Tüketim ve Stok Miktarı Tahminleri

1 Ağustos '1995 Dünya Pamuk Stoğu	7.590.000 Ton
1995 / 1996 Pamuk Üretimi	19.798.000 Ton
1995/96 Pamuk Arzı	27.388.000 Ton
1995/96 Pamuk Talebi (Tüketim)	18.078.000 Ton
1 Ağustos 1996 Dünya Pamuk Stoğu	9.310.000 Ton
1996/97 Pamuk Üretimi	19.465.000 Ton
1996 / 1997 Pamuk Arzı	28.775.000 Ton
1996 / 1997 Pamuk Talebi (Tüketim)	18.730.000 Ton
1 Ağustos 1997 Dünya Pamuk Stoğu	10.045.000 Ton

Kaynak: Cotton Outlook 9 Ağustos 1996

4.2 Türkiye’de Pamuk Ve Pamuk ipliği Üretim Ve Makina Parkının Durumu

Türkiye tekstil sektöründe kullanılmakta olan hemen her türlü tekstil hammaddesinin yeterli veya yetersiz kalite ve kantitede de olsa ülkemizde üretilmekte olduğu görülmekte ve yine hemen her hammadde için de bir ithalat ve ihracatın söz konusu olduğu görülmektedir. Bu ithalatın başlıca sebepleri yeterli nicelik ve nitelikte üretimin yapılamaması ve ülkede izlenen fiyat politikalarıdır.

Tekstilde çeşitli hammaddeler ki bunlara genel olarak elyaf denilmektedir, kullanılmakla beraber en fazla üretilen ve tüketilen hammaddeler başlıca üç kategoride mütaala edilmektedir. Bunlar ;

- a) Tabii elyaf denilen ve pamuk, keten, kenevir gibi bitkisel ve selüloz esaslı olanlar ve yün, tiftik, ipek gibi hayvansal ve protein esaslı olan elyaflar
- b) Suni elyaf denilen viskon, asetat ve viskon elyafı gibi selülozun kimyasal ve fiziksel yollarla rejenere edilmesi ile elde edilen elyaflar
- c) Sentetik elyaf denilen polyester, polyamid, akrilik gibi petrolden elde edilen elyaflardır.

Ancak gerek Dünyada gerek ülkemizde en fazla üretilen ve tüketilen hammadde pamuk olup bundan sonra sentetik ve diğer elyaflar gelmektedir. İnsan sağlığına ve çevreye verilen önem tabii (doğal) hammaddelerden imal edilmiş tekstillere itibarı da artırmaktadır. Bu açıdan bakıldığında Türkiye dünyanın önde gelen pamuk üreticisi olmak gibi bir avantaja sahiptir [24].

Dünyanın önde gelen pamuk üreticisi ülkelere ait pamuk üretimleri ile Dünya pamuk üretimi, arz ve talebi, stoku Tablo 4.6 de verilmiştir. Türkiye de üretilen pamuğun miktar ve parasal değeri ise yıllara göre daha ayrıntılı olarak Tablo 4.7, 4.8, 4.9 de verilmiştir. Ayrıca pamuk ipliği üretimi ve parasal değerleri de yine yıllar itibarı ile Tablo 4.10 de verilmiştir.

Tablo 4.7 Türkiye Pamuk Dış Satımı (1990-1995)

YIL	MİKTAR (KG)	DEĞER (\$)	BİRİM FİYAT (\$/kg)
1990	112.938.000	176,940.323	1,56
1991	117.672.282	183.964.757	1,56
1992	47.388.007	57.126.697	1,20
1993	149.192.750	156.080.696	1,04
1994	47.106.227	51.334.095	1,08
1995	31.341.894	37.792.935	1,20

Kaynak: DTM

Tablo 4.8 Türkiye Pamuk Dış Alımı

YIL	MİKTAR (KG)	DEĞER (\$)	BİRİM FİYAT (\$/KG)
1990	79.107.673	137.447.492	1,73
1991	49.115.715	80.526.961	1,63
1992	152.703.576	194.320.107	1,27
1993	201.666.433	247.693.927	1,22
1994	149.063.000	240.000.360	1,61
1995	186.552.193	383.139.977	2,05

Kaynak: DTM

Tablo 4.9 Türkiye'de Pamuk Üretimi Ve Tüketimi (1990/91-1995/96)

YIL	STOK	ÜRETİM (TON)	TÜKETİM (TON)
1990/91	102.813	654.600	540.000
1991/92	100.697	561.227	625.000
1992/93	87.409	573.706	625.000
1993/94	212.347	602.238	700.000
1994/95	124.219	628.286	850.000
1995/96 (tahmini)	137.572	836.655	900.000

Kaynak: Tarım Köy İşleri Bakanlığı II. Pamuk Toplantı Raporu

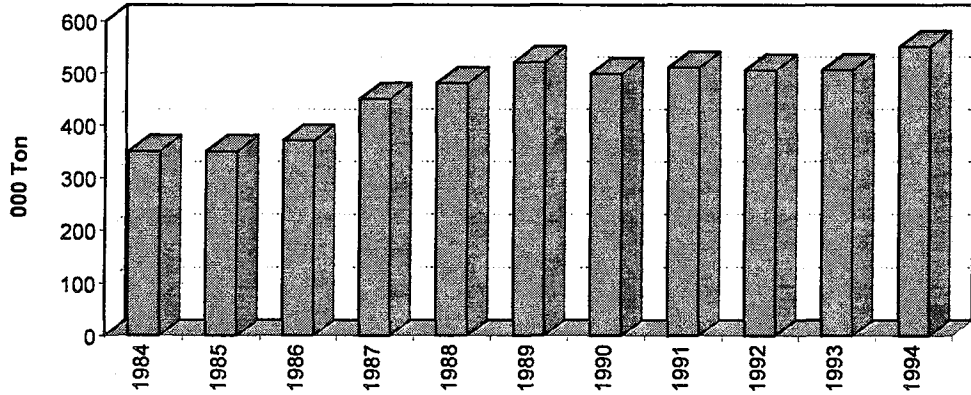
Tablo 4.10 Türk Pamuk İpliği üretimi;

1894-1994;Miktar (ton) Değer (1988 fiyatları ile)

Yıllar	Miktar Ton	Değer milyon TL
1994	357.395	997.690
1985	362.000	1.009.980
1986	382.000	1.065.780
1987	450.000	1.255.500
1988	479.282	1.837.197
1969	525.000	1.464.750
1990	495.000	1.381.050
1691	520.000	1.450.800
1992	512.000	1.428.500
1983	516.000	1.439.600
1994*	555.000	1.548.500

* Öngörü

Kaynak: DIE



Şekil 4.3 Türkiye Pamuk İpliği Üretimi 1984-1994; Bin ton

Güney Anadolu projesi çerçevesi içerisinde ekilebilir alanların artması sebebiyle 2000 yılının eşliğinde üretimin 1 Milyon tonu geçeceği tahmin edilmekte ve böylece halen 18-20 milyon tonluk dünya pamuk üretimi içinde ABD, Çin Hindistan, Pakistan,Özbekistan dan sonra altıncı sıraya geleceği tahmin edilmektedir [24].

Pamuklu tekstil sanayiinde kullanılan başlıca pamuk dışı lifler polyester, viskon, akrilik ve naylondur. Türkiye de pamuklu sektöründeki pamuk dışı elyaf tüketiminin %15 civarında olduğu ve bunun da yaklaşık % 85'in polyester ve viskon elyafının oluşturduğu görülmektedir. Bundan başka yün, tiftik, ipek elyaf ve bunlardan yapılmış iplik, dokuma ve konfeksiyon üretiminin miktar olarak pamuğa kıyasla % 10 civarlarında olduğu keza polyester, viskoz, akrilik elyaf iplik ve dokumasının pamuğa nispetle % 50 - 60 civarında değiştiği görülmektedir [23].

Türkiye de tekstil sektörünün makine parkı kapasitesi ve fiziki durumuna bakıldığında iplik ve dokuma sektöründe nispeten sağlıklı veriler bulunmasına rağmen boya, apre ve konfeksiyon sanayiinde bulunmamaktadır. Bunun sebebi olarak konfeksiyon sanayiinin genelde çok küçük işletmeler ve atölyeler halinde faaliyet göstermesi ve boya, apre tesislerinde çok değişik makine parklarına sahip olmaları gösterilmektedir.

İplik sektöründe kapasite ve makine parkı iş sayısı ile dokumada ise dokuma tezgahı sayısı ile ifade edilmektedir. İplik sektöründe pamuklu sistem veya kısa elyaf iplikçiliği ile yünlü sistem veya uzun elyaf iplikçiliği diye başlıca iki ayrı sistem ayrıtedilmektedir. Bundan başka pamuklu sistemde (kısa elyaf iplikçiliğinde) ayrıca ring ve open-end diye iki eğirme sistemi mevcuttur.

Dokuma sektöründe de pamuklu tip dokuma tezgahı ve yüklü tip dokuma tezgahı ayrımı bulunmaktadır. Dokuma sektöründe bu tür ayırım yanında her iki sistem için geçerli olan ve eski ve yeni teknolojilerin belirleyici unsuru olarak mekikli, mekiksiz tezgah ayrımı ve gene dokudukları farklı ürün nedeniyle düz kumaş, havlu ve halı tezgahları gibi ayırımların yapıldığı görülmektedir.

Dünyada kurulu iğ ve rotor sayıları bakımından başlıca kaynak ITMF (Uluslararası Tekstil Sanayicileri Federasyonu) dır. ITMF istatistiklerinde son yıllara kadar Çin Halk Cumhuriyeti ve eski Sovyetler Birliği başta olmak üzere bazı ülkeler dahil edilmediğinden Dünya geneline ilişkin istatistikler eksikti. Bu sebeple 1990 ve sonrasına ilişkin toplam rakamlar verilebilmektedir.

Tablo 4.11 Dünya kısa elyaf iplik kapasitesi

	1990	1991(1)	Artış (%)	1992 sevkiyatları (2)	(2)/(1)
(000) İğ	165.539	169.058	2.13	3.323	1.97
Open-End (000 Rotor)	7.922	8.064	1.80	334	4.14

Kaynak ITMF

Pamuk iplikçliğini genel olarak pamuklu dokuma ve örme için gerekli belirli teknik ve estetik özelliklere sahip ipliklerin elde edilmesi için çırçırılama denilen ve pamuğun çekirdeğinden arındırma işleminden başlayıp, bobin denilen iplik yumakları haline gelinceye kadar ki teknolojik faaliyetlerdir. Çırçırılama işlemi çırçır işletmeleri denilen işletmelerde iplik işletmelerinden ayrı olarak yapılmakta ancak ipliğin teknik özelliklerine etkisinin önemi bakımından iplikçilik içinde zikredilebilmektedir.

Tablo 4.12 Türkiye’de Kurulu İğ ve Rotor Sayıları (Pamuklu sistem)

Yıllar	İğ sayısı (000 iğ)	Open - End		Toplam Eş Değeri (000 İğ)	OE / Toplam %
		Rotor Sayısı	Eş Değer		
1980	3.094	6.688	20.064	3.114	0.6
1985	3.200	53.308	216.540	3.417	6.4
1988	3.564	95.500	668.500	4.233	15.8
1989	3.667	104.764	733.300	4.400	16.7
1990	3.774	125.100	875.700	4.650	18.8
1991	4.023	134.400	940.800	4.964	20.0
1992	4.070	154.804	1.083.600	5.154	21.0

Kaynak ITMF , TSKB

Türkiye'nin sahip olduğu pamuklu iğ sayısı ring iğ sayısı olarak Dünyada %3 lük bir paya, open - end iğ sayısı olarak % 2 lik bir paya sahiptir. Keza dokuma sektöründe Türkiye'nin payı mekikli tezgahta %3 ve mekiksiz tezgahta %2 dir. Bununla beraber son yıllarda gerek iplik gerek dokuma yatırımları diğer ülkelerden daha hızlı bir şekilde yapılmaktadır. Nitekim 1995 de Dünyada satılan 3.7 milyon pamuklu ring iğinden 288 bin adedinin yani % 7.8 nin, 367.000 yün iğinden 10.000 adedinin yani % 2.7 sinin ve 307.000 open - end iğinden 62.000 iğ yani %20 si Türkiye'ye sevk edilmiştir [24].

BÖLÜM 5. İPLİKÇİLİK

5.1 Pamuk İplikçiliği Prosesi

5.1.1 Harman hallaç

Pamuklu ipliği hammaddesi olan pamuk iplik işletmelerine çırçırlanmış yani çekirdeği ve büyük miktarda koza yaprakları alınmış şekilde balyalar halinde gelmektedir. Bu balyalar pamuk işletmelerinin başlangıç prosesi olan harman prosesinin gerçekleştiği yer olan harman dairelerinde preseli balyaların çemberlerinin sökülmesi ve balya kaneviçelerinin kaldırılması sureti ile dinlendirilmektedir. En az yirmidört saat süreyle harman dairesinde kalan bu preseli durumdan çıkarılmış pamuk balyaları böylece nisbeten gevşemiş ve harman dairesinin iklim şartlarına (harman dairesinde gerekli nisbi rutubet şartına % 40 -50 rutubet gibi) getirilmiş olmaktadır. Daha sonra bu pamuk balyaları belli kriterler göz önünde bulundurularak hazırlanmış reçetelere göre Harman Hallaç makinalarının arkasına getirilmekte, burada pamuk ya elle veya robotlarla balya açıcılara konulmakta ve burada karşılıklı dönen çivili hasırlar arasına giren pamuk kitlelerinin devamlı açılmaya tabi tutularak içindeki her türlü yabancı maddelerden temizlenmeye aynı zamanda değişik boy ve incelikte bulunan pamuk elyaflarının mümkün olduğu kadar karıştırılmasına çalışılmaktadır. Oldukça iyi açılmış ve karıştırılmış pamuk Harman Hallaç makinalarının Hallaç ünitesinden "Vatka " tabir edilen belli bir kalınlıkta ve belli bir uzunlukta yarı mamul olarak çıkmaktadır. Bu vatkanın kalitesi pamuğunun temiz ve iyice açılmış olması, birim uzunluğunun belli toleranslar dahilinde belirli bir ağırlığa sahip olması bu birim uzunluk ağırlıklarındaki değişiminin az olması gibi özelliklere bağlı bulunmaktadır. Vatka yerine bazı teknolojilerde shoot-feed besleme tabir edilen yöntemler de kullanılmakta ve burada açılmış pamuklar bir sonraki preses olan

taraklama prosesi için pnömomatik bir sistemle ve borular yardımıyla tarak makinasına gelmektedir.

5.1.2 Tarak

Gerek pamuk iplikçiliği ve gerek yün iplikçiliği için ayrı bir yeri ve önemi olan Tarak makinaların vazifesi pamuk elyaflarını yabancı maddelerden tamamen arındırmak, uçları kıvrılmış kısa elyafları düzeltmek ve en önemlisi elyafları paralel hale getirmektir. Bundan başka tarak makinasından çıkan ve "Tarak Şeridi" tabir edilen tarak yarı mamulünün birim uzunluğunun ağırlığı ve bu ağırlık değişimleri taraklama performansının, taraklama kalitesinin birer ölçüsü ve parametresi olarak değerlendirilmektedir. Tarak makinası genel olarak Brizör, Tambur, Penyör ve şapka kısımlarından oluşmakta ve bu kısımlarda belli büyüklük ve forma sahip dişleri bulunan teller sarılmış bulunmaktadır. Bu tellerin birbirine karşı izafi hareketi sonucu aradaki açıklığa, izafi hızlara ve tellerin fiziki durumuna bağlı olarak pamuk lifleri yabancı maddelerden temizlenmekte, kıvrılmış uçlar açılmakta ve paralel hale gelmiş olmaktadır. Bu amaliye veya işleme de "Taraklama" denilmektedir.

5.1.3 Cer

Pamuk lifleri iplik haline getirilirken başlıca dört amacın gerçekleştirilmesine çalışılmaktadır. Bunlar;

1.) Pamuktaki yabancı maddelerin temizlenmesi
2.) Pamuk liflerinin açılması ve paralel hale getirilmesi
3.) Muayyen bir pamuk kütesinin aşama aşama inceltilmesi
4.) İnceltilen bu pamuk kitlelerin kesitindeki elyaf sayılarının mümkün olduğu kadar eşit tutularak iplik çapı değişkenliğinin asgariye indirilmeye çalışılmasıdır.

Cer makinası denilen bu makinalar yardımıyla pamuk kitlesi veya yarı mamulleri çekim ve katlamaya tabi tutularak cer şeritleri denilen yarı mamulün mümkün olduğunca bir birine paralel, uç kısımları açılmış ve en önemlisi kesitteki elyaf sayısı değişkenliği asgariye indirilmiş bulunmaktadır.

Bu işlem aynı makinada veya benzeri makinalarda tekrarlanırsa bu tekrar sayısı kadar "pasaj" yapılmış olur ve I. pasaj cer şeridi veya II. pasaj cer şeridinden bahsedilir. Bu makinalarda altı çekim altı katlama veya sekiz çekim sekiz katlama gibi standart çekim ve katlamalar yapmakta ve tek kafalı ve çok kafalı cer makinaları bulunmaktadır.

5.1.4 Fitol

Fitol makinası iplik eğirme prosesinden bir önceki proses olup cer makinasında düzgünleştirilmiş olan ve cer şeridi denilen yarı mamulü fitil haline getirir. Ring iplikçiliğinde böyle bir prosese ihtiyaç duyulmasına rağmen özellikle kalın numara iplik üretimi için ekonomik olan open-end iplikçiliğinde bu prosese gerek görülmemektedir. Ring iplikçiliğinde önemli bir yeri olan bu proste elde edilecek uygun numarada ve düzgünlükteki fitilin daha sonraki iplik eğirme prosesinde elde edilecek ipliğin kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Burada da kalite parametreleri fitilin numarası ve fitil numara düzgünsüzlüğü ve kısa terim düzgünsüzlüğü denilen uster düzgünsüzlüğüdür.

5.1.5 Ring (Vater)

İplik eğirme prosesinin son noktası da denilebilecek bu proste fitiller istenen iplik incelik veya kalınlığa burada getirilmektedir. Fitol iplik haline getirilirken ipliğe verilmesi gereken büküm burada verilmekte ve iğ denen döner millerin üzerinde bulunan ve onunla birlikte dönen masuralar üzerine sarılmaktadır. Bu makinada yapılan çekimin ve bükümün, kops sarımının, baskı manşonlarının, bilezik ve kopçanın, mekanik aksamın üretilen iplik kalitesi üzerinde etkileri vardır. Son teknoloji iplik makinalarında takımların otomatik olarak çıkarılması iğ devirlerinin

oldukça yüksek hızlara çıkması (mesela 20000 d/dak gibi) sonucu üretimde büyük artışlar sağlanmıştır. Yine bu makinalardaki çekim mekanizmalarındaki iyileştirmeler daha düzgün bir iplik elde etme imkanını vermiştir.

5.1.6 Bobin

Tekkat ring iplikçiliğinde son proses bobin makinaları denen makinalardır. Bu makinaların görevi ring makinalarından kops (dolu masura) halinde takriben 80 -120 gr civarında çıkan ipliklerin eklenerek ve aynı zamanda iplikteki zayıf, ince ve kalın yerleri büyük ölçüde elimine ederek 2 -3 kg gibi daha büyük miktarlarda kesik koni veya silindir formunda sarmaktır. Bu makinalarda da büyük teknolojik ilerlemeler olmuştur. Öyleki önceleri bu iplik eklemeleri elle manuel olarak gerçekleştirilirken sonraları sırası ile el makaslarının kullanılması, otomatik robot düğümleyicilerin kullanılması ve nihayet düğüm atma yerine ipliğin kaynaştırılması ile elde edilen "Spacer" düğüm atma sistemleri, mekanik temizleyiciler yerine elektronik temizleyicilerin kullanılması bobin makinalarında gerçekleştirilen verimliliğe ve kaliteye yönelik iyileştirmelerdir.

Pamuk iplikçiliğinde karde ipliği prosesi yanında penye ipliği denilen kısa elyaflardan arındırılmış, daha temiz, daha düzgün ve daha mukavemetli ipliklerin elde edilebilmesi amacıyla yönelik ve karde ipliği prosesine ilave bir proses daha bulunmaktadır. Bu ilave prosesin temelini bir tarama prosesi oluşturmakta ve yanında şerit birleştirme, vatkalı cer gibi prosesler de yer almaktadır. En çok örme veya triko sektörünün kullandığı bu penye iplik karde iplik üretiminin yarısından daha azdır.

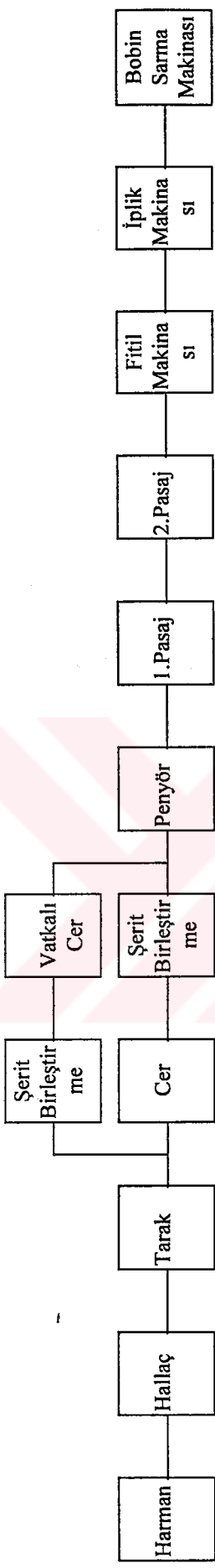
Yine pamuk iplikçiliğinde daha evvel sözünü ettiğimiz ring iplikçiliğinden farklı bir sistem olan open - end iplikçilik sistemi mevcuttur. Özellikle kalın numara iplikler için oldukça ekonomik olan bu iplikler orta kalınlıkta sınır değer olan 24 Ne ye kadar dokuma için iyi bir performans göstermektedir. Bu sistemde de karde ve penye diye farklı prosesler olmakla beraber daha çok karde open-end iplikçiliği yaygındır. Open-end iplikçiliğinin Ring iplikçiliğinden farkı ise bu sistemde ring sisteminde olduğu gibi fitil ve bobinleme prosesinin kaldırılmış olması ve böylece daha ekonomik bir

iplik yapma imkanının ortaya çıkmış bulunmasıdır. Bununla beraber ipliğin büküm mekanizması ring ipliğinden farklı olması nedeni ile bazı kumaş türleri için kalın ve orta numarada (halıcılıkta) ki iplikler için bile ring ipliği tercih edilmektedir. Her üç iplik eğirme sistemine ait proses şekil 5.1'de verilmiştir.



Ham madde Açma Temizleme Karıştırma Taraklama Tarama Çekme Ön Eğirme İplik Eğirme İpliği Bobine Sarması

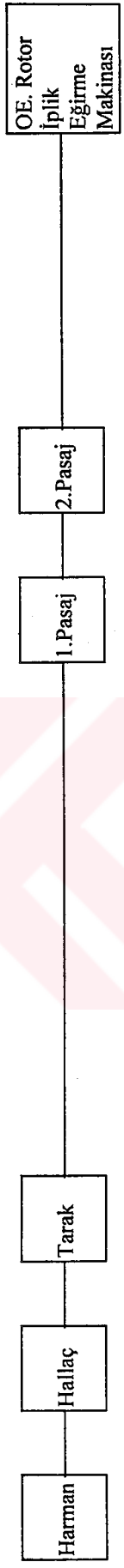
Penye iplikçiliği



Karde iplikçiliği



Open-End iplikçiliği



Şekil 5.1 Pamuk iplikçiliğinde Üretim Aşamaları

5.2 İplikçilikte Kalite Ve Proses Kontrolü

İplikçilikte iplik numarası, numara düzgünsüzlüğü, mukavemet, mukavemet düzgünsüzlüğü, elastikiyet, kopma uzaması, ince ve kalın yerler, neps, tüylülük, büküm, büküm düzgünsüzlüğü gibi karekteistiği değerler ipliğin kalitesini belirleyen parametreleridir.

Bu ipliklerden dokuma ve örme prosesleri sonunda elde edilen dokuma ve örme kumaşların gerek üretimi ve gerekse kullanımı sırasında gösterecekleri performans, bu kumaşlarda kullanılan ipliklerin yukarıda sözü edilen karakteristik değerlerin veya başka bir deyişle kalite parametrelerinin nitelikleri ve değişimi ile yakından ilgilidir. Yani bu iplik kalite parametreleri dokuma ve örme kumaşların değişik özelliklerinin performansında önemli hatta belirleyici rol oynamaktadırlar. Mesela bir pamuklu kumaşın dokuma tezgahı üzerinde dokunması sırasında göstereceği performans her ne kadar dokuma tezgahının sahip olduğu teknoloji (mekikli, mekiksiz, kancalı, projektilli, hava jetli gibi) mekanik bakımı, o kumaşın gerektirdiği teknolojik ayarlar, salonun klima şartları, dokumacı performansı gibi iplik kalite parametrelerinin dışında diğer faktörlere de bağlı olmakla beraber esas belirleyici unsurun ipliğin kalite düzeyi olduğunu belirtmek gerekir. Keza bitmiş mamul dokuma ve örme kumaşların fonksiyonellik, görünüş ve tutum gibi özellikleri üzerinde kumaş dizaynı, boya ve terbiye prosesi etkili olmakla beraber burada da çoğu zaman gene iplik kalite parametrelerinin etkin rol oynadığını belirtmek gerekir.

Buradan görülmektedir ki dokuma ve örme kumaşların arzu edilen kalitede ve ekonomik olarak üretimi için bu kumaşların yapımında kullanılan ipliklerin kalite parametrelerinde belli bir düzeyde olması gerekmektedir. İplik işletmeleri bu kalite düzeyini temin etmek isterlerken başlıca iki türlü faaliyet göstermek zorunda kalmaktadır. Bunlardan birincisi önce sahip oldukları kalite düzeyini korumaya çalışmak, ikincisi mevcut kalite düzeyini geliştirici faaliyet ve çalışmalarda bulunmaktır.

İkinci faaliyet yani mevcut kalite düzeyini geliştirme çalışmaları bu çalışmanın konusu dışında olup bu konu daha çok tekstil ve iplik teknolojilerinin sahasına girmektedir. Belirli bir kalite düzeyini korumak veya mevcut kalite düzeyini geliştirmek için yapılan faaliyetleri genel olarak;

a) Hammadde

b) Makina ve Proses

c) Yönetim

şeklinde sınıflandırılabilir.

Birinci faaliyet türü olan mevcut kalite düzeyini koruma faaliyetleri için ise tekstil bilgi ve tecrübesi gerekmele beraber daha çok istatistiksel kalite kontrol metotlarını bilmek ve bu metotları prosesin belirli aşamalarında ekonomik olarak uygulamak gerekmektedir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için prosesin kontrol edilmesi gereken parametrelerinin devamlı olarak gözlenmesi gerekmektedir.

Proses kontrolün istenen amaca uygun bir şekilde gerçekleştirilebilmesi istatistikçi - teknolojist işbirliği veya istatistiksel proses kontrol bilgisine sahip teknolojistler tarafından yapılması ile mümkündür. Özellikle iplik prosesinde olmak üzere, boya terbiye ve dokuma prosesinde kaliteye dönük çok sayıda karmaşık ve çoğu kere birbirini etkileyen üretim ve kalite parametreleri mevcuttur. Bu parametreler ve aralarındaki ilişkiler hakkında yeteri kadar bilgi sahibi olmadan sağlıklı, güvenilir ve ekonomik bir proses ve dolayısıyla kalite kontrolünü gerçekleştirmek mümkün olamamaktadır.

Proses kontrol araçlarından kontrol kartları kullanılırken alınan nümune (örnek) sonuçlarının kontrol dışı bir durum göstermesi durumunda alınacak karar ve bu karar doğrultusunda ortaya konacak eylem (hareket) proses kontrolün özünü teşkil etmektedir. Zira nümune sonuçlarının değerlendirilmesi sonunda kontrol kartına

işaretlenen bir nokta kontrol limitlerinin dışına çıkmışsa ne yapılmalıdır. Bu durumun araştırılması için üretim durdurulmalıdır, gözlenen parametredeki değişimi meydana getiren sebep veya sebepler nelerdir, bu sebep veya sebepleri en kısa zamanda ortadan kaldırabilmek için nasıl bir yol izlenmelidir, bütün bu soruları cevaplayabilmek için tekstil ve iplik teknolojisi bilgi ve tecrübesine sahip olmak gerekmektedir. Ancak o zaman istatistiksel proses kontrolünden beklenen elde edilmiş olur. O halde her iki durumda da yani ister kalitenin mevcut düzeyini korumaya yönelik proses kontrol faaliyetlerinde ister mevcut kalite düzeyini geliştirmeye yönelik faaliyetlerde olsun belirli bir tekstil ve iplik teknolojisi bilgi ve tecrübesine sahip bulunmak gerekmektedir.

5.3 İplik Üretiminde Uygulanan Kalite Kontrol Metodları

İplik üretiminde uygulanmakta olan kalite kontrol sistemleri ya sadece laboratuvar cihazlarında gerçekleştirilen testler ve bu bunların sonuçlarına göre yapılan kalite kontroller şeklindedir. (OFF-LINE kalite kontrol) ya da hem laboratuvarda yapılan testler ve hemde bazı üretim makinaları üzerinde otomatik olarak yapılan kalite kontroller şeklindedir[25]. Off Line ve Off Line sistemle beraber On Line sistemin birlikte kullanıldığı kalite kontrol sistemleri işletmelerin teknolojik seviyelerine, mali güçlerine ve genel kalite düzeylerine bağlı olarak her ikiside uygulanmaktadır. Laboratuvar testlerine dayalı kalite kontrolden tamamen vazgeçmek bu günkü teknolojik imkanlarla mümkün görülmemektedir, zira ipliğe, iplik yarı mamulüne (fıtıl, şerit vb.) ve hammaddeye ait bazı kalite parametreleri Mesela; Elyafa ait özellikler iplik mukavemet, iplik tüylülüğü, iplik bükümü gibi özellikler On Line olarak tesbit edilememektedir. Daha kesin olarak tesbiti gereken iplik numarası, ağırlık gibi özellikler için laboratuvar test cihazları gelecekte de kullanılmaya devam edecektir.

Bunun yanında On - Line kalite kontrol sisteminin kalibrasyonunda ve periyodik kontrollerde yine laboratuvar testlerine ihtiyaç duyulacaktır. Bir diğer önemli husus On-line kalite kontrol sistemlerinin uygulandığı makinalarda bulunan sensörler buldukları ortamın sıcaklık ve rutubet şartlarından, aşırı gölge, toz gibi unsurlardan

etkilenebilmektedir. Bu bakımdan da yine laboratuvarlarda yapılacak testlere ihtiyaç duyulacaktır.

Bundan başka elyaf ile ilgili olgunluk testi, kopma mukavemeti ve uzama testi, neps testleri laboratuvarda yapılması zorunlu olan testlerdir[26]. İplik için önemli karakteristiklerden biri olan iplik tüylülüğü (hairness) ve bu tüylülükteki varyasyonların ölçümü, diyagram ve spektogramların çıkarılması ancak laboratuvar cihazları ile mümkün olabilmektedir [27].

Of f- Line kalite kontrol sisteminin önemini vurgulamak üzere Mogahzi [28] On-Line ve Off - Line kalite kontrollerini karşılaştırırken On line kalite kontrolünün özellikle kontrol kartı gibi araçların kullanıldığı istatistiksel proses kontrol olarak tanımlayıp bunun önceden belirlenmiş bir kalite düzeyinin korunmasına yönelik bir çalışma olduğunu oysa Off - Line kalite kontrolün ise ürün kalitesini iyileştirmeye yönelik bir faaliyetin parçası olarak hem ürün tasarımının hemde prosesin geliştirilmesini kapsayan bir çalışma olduğunu ve hatta bu çalışmanın ürün kalitesini geliştirme, güvenilirliği artırma ve maliyeti düşürme çabalarını içeren bir Off -Line mühendisliği olarak değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Ancak gelişen teknoloji sonucu makina hızlarındaki artışlar makinalarda yapılması gereken kontrollerin daha sık yapılması gereğini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle On - Line kalite kontrol denilen ve üretimin % 100 kontrol edildiği ve böylece istenen kalite parametrelerine ait değerlerin sürekli ve istenen sıklıkta alınabildiği, değerlendirildiği, diyagramının çıkarılabildiği ve ölçümlerin makinaya daha önceden verilmiş limit değerleri aşması söz konusu olduğunda makinanın işaret veya sesli alarm vererek durdurulduğu kalite kontrol sistemleri de modern işletmelerimizde görülmektedir[29]. Zelleweger Uster firmasının geliştirdiği SLIVERDATA cihazı Harman - Hallac, Tarak , Cer ve Fitol makinalarına bağlanabilmekte ve her bir makinada istenen kalite parametreleri mesela nominal numaraya göre sapma, düzensizlik veya kısa periyot varyasyonu, numara varyasyonu veya uzun periyot varyasyonu gözlenebilmekte ve bunların spektogramları çıkarılabilmektedir. Yine On - Line kalite kontrol sistemi içinde Ring ve Open- End makinaları için belirli kalite

parametrelerini izlemek ve değerlendirmek amacı ile Uster firmasının geliştirdiği Ringdata ve Poly Guard cihazları kullanılmaktadır[30]. Open - end iplik makinaları için geliştirilmiş bulunan Poly Guard cihazları ölçüm ve değerlendirme yapmanın yanında bazı iplik hatalarını temizleme işlevlerini de yerine getirmektedir.

Her iki kontrol sistemi yani Off - Line ve On - Line kalite kontrol sistemleri birbirinin alternatifi olarak değil birbirinin tamamlayıcısı olarak düşünölmelidir.

5.4 İplik Kalite Kontrolunda Test Şartlarının Önemi

Kalite kontrolü için gerekli test işlemlerinde sonuçların güvenilir olması gerekmektedir. Bunun için de cihaz ve aletlerin doğru bir şekilde kalibre edilmesi zarureti vardır. Mesala mukavemet test cihazının veya başka bir test cihazının skalasının ve balansının kalibrasyonunda olabilecek hatalar elde edilecek sonuçları ciddi şekilde etkileyebilecektir. Aynı şekilde bu cihazları kullanan teknisyenlerin eğitimi de tekstil kalite kontrolünde ayrı bir önem taşımaktadır. Zira yanlış test sonuçlarının elde edilmesi yanlış yargı ve kararlara sebep olabilecektir.

Testler için gerekli olan uygun atmosferik şartların korunmasında veya mevcut şartların standart şartlara getirilmesinde yapılacak bir başarısızlık yanlış sonuçların elde edilmesine sebep olabilecektir. Örneğin pamuk ipliği mukavemeti ile ilgili yapılacak bir test Mesela 80 izafi rutübet şartlarında yapıldığında bu ipliğin mukavemeti standart şartlarda (% 60 izafi rutubette) yapılan test sonuçlarından daha yüksek çıkacaktır[31].

5.5 İplikçilikte Kalite Test Parametreleri

İplikçilikte her bir ayrı üretim safhasında kontrol edilmesi ve gözetlenmesi gereken bir çok farklı kalite ve performans parametreleri bulunmaktadır. Ancak bunlardan bazıları referans parametreleri olup belli testlerle ölçülebilmektedir. Bu parametreler genel olarak;

a) Hammadde kalite kontrol parametreleri

b) Makina performans parametreleri

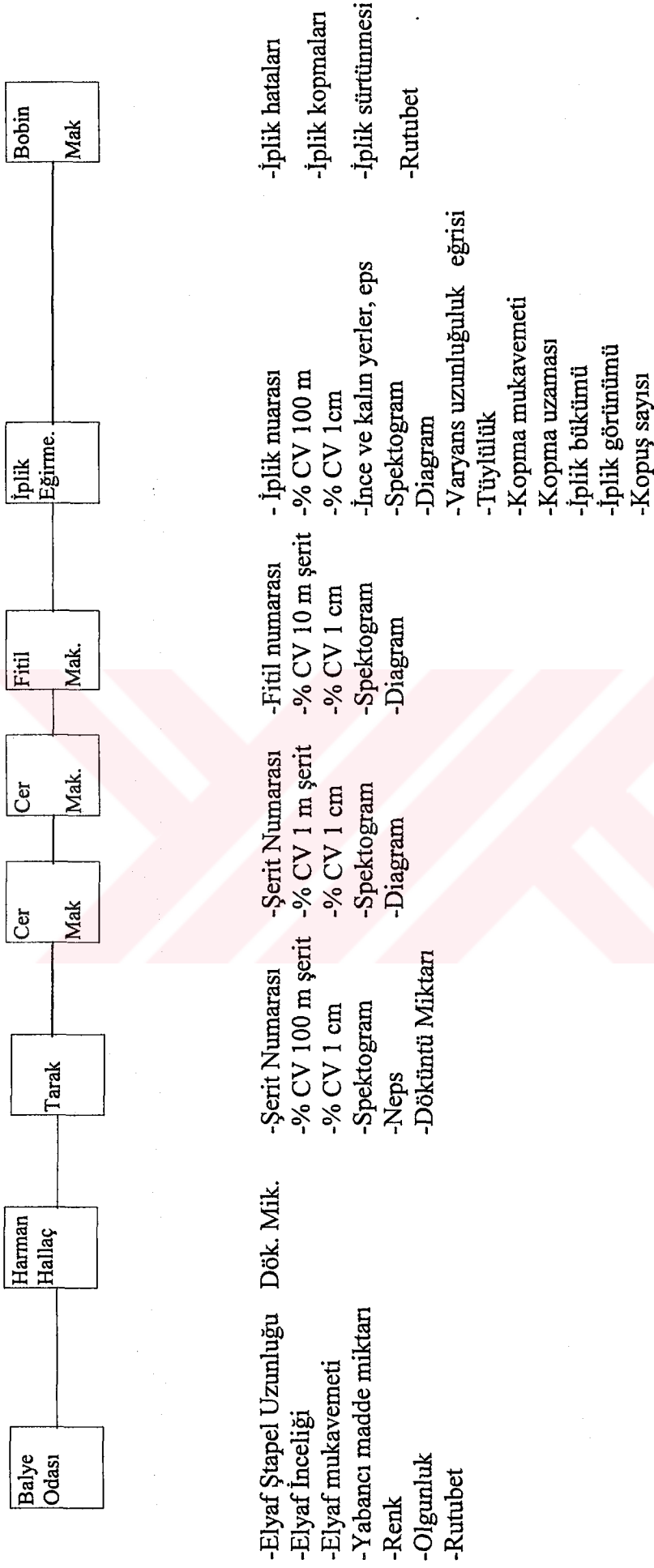
c) Proses (işlem) kalite parametreleri olarak üç ayrı grupta mütala edilmektedir.

Bu çalışmada proses kalite parametreleri göz önünde bulundurulmakta ve bu parametrelerin kontrolünün optimum bir şekilde nasıl yapılması gerektiği tesbit edilmektedir. Bununla beraber hammaddenin pamuk ipliği ve diğer yarı mamuller üzerindeki etkisinin önceden bilinmesi gerekmektedir. Zira pamuk kalitesindeki bir değişim proses kalite parametrelerinde de bir değişimi beraberinde getirecektir. Mesala elyaf mukavemeti ile iplik mukavemeti arasında elyaf inceliği ve uzunluğu ile iplik düzgünlüğü arasındaki ilişkinin bilinmesi hem proses kontrolü sırasında kalite parametrelerindeki değişimin sebebinin kısa sürede bulunmasında ve hemde proses kontrolden sonraki aşama olan kalite düzeyinin geliştirilmesinde çok önemli bir rolü olacaktır (32). Keza bir iplik işletmesinin amacı imkanları çerçevesinde en kaliteli ipliği en ucuza üretmektir. İplik işletmeleri göz önünde bulunduracakları kalite parametreleri hakkında karar verebilmek için her bir proses aşamasında, gözetlenen kalite parametrelerinin iplik kalitesini ne şekilde etkilediği ve bu kalite düzeyindeki ipliğin dokuma veya örme kumaşların üretim ve kalite performansını nasıl etkileyeceğini bilmesi gerekmektedir. Bu hususta yapılmış birçok teorik ve uygulamalı çalışmalar bulunmaktadır. Mesela Aggarwal ve Subramanian [33] iplikteki ince ve kalın yer sayısının ve iplik mukavemetinin dokuma performansını nasıl etkileyeceği konusunda çalışmalar yapmış ve bununla ilgili formüller vermiştir. Thomas ve Hines [34]. Dokuma kalite performanslarından en önemlilerinden biri olduğu kabul edilen dokuma tezgahındaki kopuş miktarı ile iplikteki ince ve kalın yerler ile neps adenin ilişkisini incelemiştir. Bundan başka pamuk ve pamuk - pamuk polyester karışımı ipliklerde taraklardaki ayar ve hızların iplik mukavemeti ve iplik kopuşlarına etkisini inceleyen Simpson ve Fiori [35]. araştırmaları ,özellikle iplik eğirme makinalarındaki (Ring) ara ve toplam çekimin, ekartmanın, pamuk tipinin iplik mukavemeti ve elastikiyetine, iplik düzgünlüğüne etkilerini inceleyen Behery nin [36] araştırması, dokuma tezgahında ki iplik kopuşlarında en önemli kalite faktörlerinin ipliğin mukavemeti ve elastikiyeti olduğunu gösteren ve bunlarla ilgili nomogramlar veren Weisenberger ve Frick lerin [37] çalışmaları iplik proses kontrolünde göz önünde bulundurulması gereken çalışmalar olup yukarıda sözü

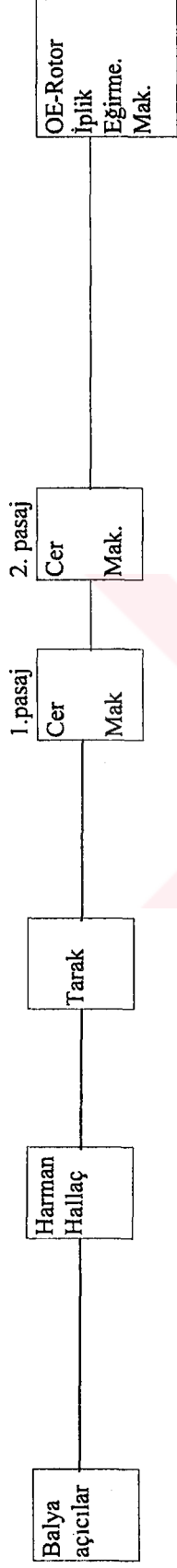
edilen parametrelerdeki değişmelerin iplik kalitesini nasıl etkileyeceği konusunda bilgi sahibi olmak açısından ayrı bir önem taşımaktadır.

İplik proses kontrolünde göz önünde bulundurulması gereken kalite test parametreleri ile ilgili olarak Luchinger penye, karde ve open - end iplikçiliği için kalite test parametrelerine Şekil5.2, 5.3 ve 5.4 işaret etmekte ve sonra bu parametrelere ait kontrol planlarını off-line ve on-line kontrol sistemlerinin bir kombinasyonu olarak tablo 5.1, 5.2.a, 5.2.b, 5.3, 5.4, 5.5 ve 5.6 da bir tavsiye olarak vermektedir [25].Yün iplikçiliği için buna benzer planlar mevcuttur. Mesela IWS geliştirme merkezince böyle bir plan verilmektedir[38]. Luchinger bu kontrol planlarını tavsiye ederken bu planların işletmelere göre değişebileceğine de işaret etmektedir.





Şekil 5.3 Karde Sistem Pamuk İplikçiliğinde Kalite Parametreleri



-Elyaf Şapel Uzunluğu
-Elyaf İnceliği
-Elyaf mukavemeti
-Yabancı madde miktarı
-Renk
-Olgunluk
-Rutubet

-Döküntü miktarı
-Toz miktarı
-Spektrogram
-Neps
-Döküntü Miktarı

-Şerit Numarası
-% CV 1 m şerit
-% CV 1 cm
-Spektrogram
-Diagram

-İplik nuarası
-% CV 100 m
-% CV 1cm
-İnce ve kalın yerler, eps
-Spektrogram
-Diagram
-Varyans uzunlughuluk eğrisi
-Tüylülük
-Kopma mukavemeti
-Kopma uzaması
-İplik bükümü
-İplik görünümü
-Kopuş sayısı
-İplik hataları S/L/T, Mo
-İplik kusurları
-Rutubet

Şekil 5.4 Open-End Sistem Pamuk İplikçiliği Kalite Test Parametreleri

Tablo 5.1 Harman Hallaç Ve Tarakda On-Line Ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu

	Test Metodu	Kalite Parametreleri	Elyaf kütlesinin durumu	Test etme (Numune Alma) Aralığı	Numune Hacmi	Test Cihazı
Harman hallaç	Off-Line	-Döküntü Miktarı -Toz Miktarı	-Elyaf yapısı	Haftada bir defa		USTER MTM Toz ve çeper Monitorü
OtoREGÜLA türlü Tarak	On-Line	-Şerit numarası -% CV 100 m şerit -%CV 1 cm Spektrogram	Şerit	Devamlı	Üretimin tamamı (% 100)	USTER Sliverdata
	Off-Line	Şerit Numarası -% CV 1 cm -Spektrogram -Diagram Neps -Yabancı madde miktarı	Şerit Şerit Şerit Şerit Şerit	1xAyda bir defa 1x Ayda bir defa 1x Ayda bir defa 1x ayda bir defa	1x100 m min 125 m	USTER Autosorter USTER Tester USTER AFİS-N Neps için USTER MTM

Tablo 5.2 Penye Makinalarında On-Line Ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu(a)

	Test Metodu	Kalite Parametreleri	Elyaf Kütlesi Durumu	Test Etme Numune Alma Aralığı	Numune Hacmi	Test Cihazı
Şerit Birleştirme Vatkalı Cer	OFF-LINE	Vatka Ağırlığı	Şerit Vatkası	1x Haftada bir defa	6 Dolu Vatka	Tartı
	OFF-LINE	Vatka Ağırlığı	Şerit Vatkası	1x Haftada bir defa	8 Dolu Vatka	Tartı
Tarama (Penyör)	OFF-LINE	Şerit Numarası	Şerit	1x Haftada bir defa	Her defasında 3x10m	USTER Autosorter
		-% CV 1 cm -Spektrogram Diagram	Şerit	1x Haftada bir defa	Her defasında en az 125 m	USTER Tester
		Tarama döküntü % si	Şerit	1x Haftada bir defa		USTER Autosorter

Tablo 5.2 Penye Makinalarında On-Line Ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu(b)

	Test Metodu	Kalite Parametreleri	Elyaf kitlesi durumu	Test etme (Numune Alma) Aralığı	Numune Hacmi	Test Cihazı
Tarama hazırlık için	ON-LİNE	-Şerit numarası -% CV 1 m şerit -%CV 1 cm Spektrogram	Şerit	Devamlı	Üretimin Tamamı	USTER Sliverdata
	OFF-LİNE	-Şerit numarası *%CV 1 cm *Spektrogram -Diagram	Şerit Şerit	1xHaftada 1 Defa 1xHaftada bir defa	Her Defada 3x10m Her Defasında enaz 125 m	USTER Autosorter USTER Tester
Şerit Birleştirme Makinası	OFF-LİNE	Vafka Ağırlığı -Şerit Numarası	Şerit Vafkası Şerit	1xHaftada bir defa 1xHaftada bir defa	8 Dolu vafka Her Defada 3x10 m	Tartı USTER Autosorter
	OF-LİNE	Şerit Numarası -% CV 1 cm -Spektrogram -Diagram	Şerit Şerit	1xHaftada bir defa 1xHaftada bir defa	Her Defada 3x10 m Her Defasında enaz 125 m	USTER Autosorter USTER Tester
Tarama			Şerit	1xHaftada bir defa		USTER Autosorter

Tablo 5..3 Cer Makinalarında On-Line Ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu

	Test Metodu	Kalite Parametreleri	Elyaf Kitlesi Durumu	Test Etme Numune alma aralığı	Numune Hacmi	Test Cihazı
1. Pasaj Cer	ON-LİNE	-Şerit numarası -% CV 1 m şerit -%CV 1 cm -Spektogram	Şerit	Devamlı	Üretimin Tamamı % 100 Kontrol	USTER Silverdata
	OFF-LİNE	*Şerit Numarası *%CV 1 cm *Spektogram -Diagram	Şerit	1x Haftada bir defa	Her defasında 3x10m	USTER Autosorter
2. Pasaj Cer	ON-LİNE	- Şerit Numarası -%CV 1 cm -Spektogram	Şerit	Devamlı	Üretimin Tamamı	USTER Silverdata
	OFF-LİNE	- Şerit Numarası *Spektogram -Diagram	Şerit	1x Haftada bir defa	Herdefasında en az 125 m	USTER Tester

Tablo 5.4 Fıtil Ve İplik Eğirme Makinasında (Ring) On-Line Ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu

Test Metodu	Kalite Parametreleri	Elyaf Kitlesinin Durumu	Test Entervalı (Numune alma Aralığı)	Numune Hacmi	Test Cihazı
Fıtil	Fıtil Numarası	8 Bobin 4 ön 4 arka	1x Haftada 1 defa	Herbiri 1x10 m	USTER Autosorter
	-%CV 1 cm -Spektogram -Diagram	8 Bobin 4 ön 4 arka	1x Haftada 1 defa	Herbiri en Az 125m	USTER Tester
ON-LİNE	İplik Kopuşları	İplik	Devamlı	Tüm Üretim % 100 Muayene	USTER Ringdata
	-İplik Numarası -% CV 100 m	20 kops	1x Haftada bir defa	Herbirinden 1x100 m	USTER Autosorter
OFF-LİNE	-%CV 1 cm -İp1 -Spektogram -Diagram	10 Kops	1x Ayda bir defa	Her bir numune 1000 m	USTER Tester
	Tüylülük	10 Kops	1x Ayda bir defa	Her br numune 1000 m	USTER Tester
Ring	-Kopma Kvveti -Kopma Uzaması	10 Kops	1x Ayda bir defa	Her biri 20 numune/Kops	USTER Tensorapid
	İplik Bükümü	10 Kops	Büküm değiştirmelerde	10 numune/Kops	Zweigle
	İplik Hataları	Kops	1xAyda bir defa ve tip değişimlerde	300.000 m	USTER Klasimat

Tablo 5.5 Open-End iplik Makinalarında On-Line Ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu

Test Metodu	Kalite Parametreleri	Elyaf Kitlesinin	Test Entervali (Numune alma Aralığı)	Numune Hacmi	Test Cihazı
ON-LINE	-%CV 1 cm -İpl -Spektogram -Diagram	İplik	Devamlı	Tüm üretim	USTER Polygard (Q Paketi)
	İplik hataları S/L/T/Mo	İplik	Devamlı	Tüm üretim	USTER Polygard
	İplik Kopuşları	İplik	Devamlı	Tüm üretim	USTER Polygard ve USTER Rotordata
	-İplik Numarası -% CV 100 m	20 Makara	1x Haftada bir defa	Herbiri 1x100 m	USTER Autosorter
OFF-LINE	-%CV 1 cm -İpl / Diagram -Spektogram	10 makara	1x Ayda bir defa	Herbir numune 100m	USTER Tester
	Tüylütük	10 Makara	1xAyda bir defa	Herbir numune 100m	USTER Tester 3
	-Kopma kuvvet: -Kopma uzaması	10 Makara	1xAyda bir defa	20 Numune/kops	USTER Tensorapid
	Rutubet	Makara	Herbir iplik yığına...	10 Makara	Mahlo
OE -Rotor Makinaları	İplik sürünmesi	10 Makara	1xAyda bir defa	10 Eğirme pozisyonu	Schlaforst
	İplik bükümü	Makara	1xAyda bir defa	Her makaradan 10 Numune	Zweigle

Tablo 5.6 Bobin Makinalarında On-Line Ve Off-Line Kalite Kontrolün Kombinasyonu

	Test Metodu	Kalite Parametreleri	Elyaf Kütlesinin Durumu	Test Entervalı (Numune alma Aralığı)	Numune Hacmi	Test Cihazı
	ON-LINE	İplik hataları S/L/T	Kops	Devamlı	Tüm üretim	USTER Elektronik iplik temizleyici
		İplik kopuşları				
Bobin		İplik hataları (Klasimat)	Bobin	1xayda 1 defa ve Tip değişimi	300.000 m	USTER Klasimat
		-%CV 1 cm -İpı -Spektogram -Diagram	Bobin	1xayda 1 defa veya Tip değişimi	10 Bobin her biri minimum 1000 m	USTER Tester 3
Sarma	OFF-LINE	-Tüylülük	Bobin	1xayda 1 defa veya Tip değişimi	10 Bobin her biri minimum 1000 m	USTER Tester 3
		-Kopma kuvveti -Kopma uzaması	Bobin	1xayda 1 defa veya Tip değişimi	Her bir bobin den 20 numune	USTER Temorapid
Makinası		İplik sürtünmesi	Bobin	1x Ayda 1 defa	Bütün sarma pozisyonlarında	Schlaforst
		Rutubet	Bobin	Her bir iplik partisinde	10 Bobin	Mahlo

BÖLÜM 6. TÜRK TEKSTİL SEKTÖRÜNDE PROSES KONTROL UYGULAMALARININ GENEL DURUMU ve BİR İPLİK İŞLETMESİNDE OPTİMUM EKONOMİK ve İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL UYGULAMASI

6.1 Tekstil işletmelerimizde Kalite Kontrol Uygulamalarının Genel Durumu

Türkiye’de test laboratuvarları ve uygulanan kalite kontrol sistemleri ile ilgili 1992 yılında yapılmış bir araştırmada şu hususlar dile getirilmektedir[39].

1) "Araştırmaya katılan işletmelerin %74,24 ün diğer işletme bölümlerinden bağımsız bir test laboratuvarı vardır. %25.76 sının test laboratuvarı yoktur. Kuşkusuz tekstil kuruluşlarının mutlaka bir laboratuara sahip olması veya laboratuvarlarında tüm alet ve cihazları bulunması gerekli değildir. Çünkü laboratuardan bir kısmı çok büyük yatırım harcaması gerekmektedir. Bu durumda işletmelerin bazı testleri başka laboratuvarlarda yaptırması daha akılcı olacaktır. Önemli olan testlerin işletmelerin kendi laboratuvarlarında yapılması değil, gereken koşullarda ve sıklıkta yapılması yani sürekliliğidir.

2) Test laboratuvarınızda standart iklim koşulları sağlanabiliyor sorusunu yanıtlayan 54 işletmeden 35'i (%64.81) evet 19'u (%35.19) hayır yanıtını vermiştir.

3) Araştırmaya katılan işletmelerin % 64.91 testleri Türk, Amerikan ve Alman standartlarına uygun olarak yaptıklarını belirtirken oldukça büyük bir kısmı (% 35.09) testleri yaparken cihazların kullanım kılavuzlarına ve kendi oluşturup benimsedikleri yöntemlere göre çalıştıklarını, hiçbir standart kullanmadıklarını açıklamışlardır. Laboratuvarlarda yapılan testlerin karşılaştırılabilir olması ve özellikle yurtdışı satışlarda alıcı ve satıcı arasındaki anlaşmalara baz oluşturabilmesi için

standartlarda tarif edilen koşul ve yöntemlere uygun olarak çalışılmasında yarar vardır.

4) İşletmelere test sonuçlarını nasıl değerlendirdikleri sorulduğunda çok büyük bir bölümü (% 74.05) sadece bazı istatistik bilgilere göre değerlendirme yaptıklarını açıklamışlardır. Gelişmiş ülkelerdeki pek çok işletmede üretimin kontrolü için uzun zamandan beri kullanılan sıradan bir teknik olan kontrol kartlarının bizim işletmelerimizde çok az bir oranda kullanılması işletmelerimizin kalite kontrolün önemini kavrama ve kalite kontrol tekniklerini uygulama konularında önemli eksikleri olduğunun bir göstergesi olarak sayılabilir.

5) Araştırmalardan elde edilen en önemli sonuçlardan biride Türkiye'de bünyelerinde tekstile yönelik eğitim programı bulunan 24 Meslek Yüksek Okulu olmasına rağmen bu okullarda tekstil eğitimi görmüş kişilerden test laboratuvarlarından yararlanma oranının çok düşük oluşudur. Gerçekte Tekstil Meslek Yüksek Okulu mezunlarının işletmelerde en yararlı olabileceği yerlerden biri test laboratuvarlarıdır. Aynı durum bir ölçüde tekstil mühendisleri için geçerlidir. Araştırmaya katılan işletmelerden elde edilen bilgilere göre test laboratuvarlarında çalışan diğer fakülte ve yüksek okul mezunlarının oranı tekstil mühendisleri oranından fazladır.

6) Bilgi formunu hazırlayan işletmelerin % 86.21'i kalite kontrol maliyetlerini hesaplamadıklarını açıklamışlardır. Bu durum kalite kontrolün işletmelerde henüz üretim kadar önemli bir faaliyet olarak görülmediğini göstermektedir." Denilmektedir [39].

Türkiye'deki tekstil işletmelerinin kalite kontrol faaliyetlerini çok güzel yansıtan bu çalışmadan da anlaşılmaktadır ki tekstil test laboratuvarları yönünden başta entegre tekstil fabrikaları olmak üzere sayıları fazla olmasa bile oldukça iyi denebilecek donanıma sahip işletmeler bulunmaktadır. Fakat bunların bile kalite maliyetlerini göz önünde bulundurup bu esaslara göre bir kalite kontrol planı uyguladıkları ve test sonuçlarındaki bilimsel olarak değerlendirdiklerini söylemek kolay değildir.

Bununla beraber ulaşmış buldukları kalite düzeyleri ile Dünya Tekstil pazarlarında belirli bir yere sahip tekstil işletmeleri de bulunmaktadır. Bunlardan ikisinin iplik işletmelerinin makina parkı, labaratuar imkanları ve kalite kontrol planları Tablo 6.1 de verilmiştir. Bu tabloda A ile gösterilen işletme Orta Anadolu Ticaret Sanayi ve işletmesidir. Entegre bir tekstil işletmesi olan Orta Anadolu Ticaret Sanayisi 40.000 m² si kapalı olmak üzere 179.315 m² üzerine oturmuş, günde yaklaşık 54 ton riņg ve open-end ipliği, 90.000 m dokuma üretimi gerçekleştirmektedir. İplik ve dokuma makina parkı 20.988 ring iği ve 2496 rotor iğinden, dokuma  nitesi 182 adet sulzer mekikcikli tezgahtan müteşekkildir. Őirkette 25 mühendis, 900 işçi ve diğer personel çalışmaktadır. 1986 yılında ordenim'i Dünya Blue-Jean konfeksiyoncularına tanıtımış olup bunlar Levi's, Lee, Mustang, Lee Cooper gibi konfeksiyonculara sunulmaktadır. 1991 yılı ihracatı 30 milyon \$ civarındadır.

B ile gösterilen işletme ise gene Türkiye'nin önde gelen Tekstil kuruluşlarından biri olan Akın Tekstil AŐ. dir. Bu tesis de 40.000 m² si kapalı 110.000 m² alanda faaliyet göstermekte olup 27.608 ring iği ve 768 rotor içine sahip iplik işletmesinde günde yaklaşık 30 ton iplik üretilmektedir. 1983 yılında konfeksiyon ünitesinin de hizmete girmesi ile tam bir entegre tekstil işletmesi hüviyetine sahip olmuştur. 1994 ciro su 3.2 trilyon TL. ve ihracatı 26 milyon \$ olan işletmede toplam 1300 kişi çalışmakta olup 30'u mühendis 180'i yönetici kadrosudur. Tesis halen Lüleburgaz'da 162.000 m² si kapalı toplam 368.000 m² arazi üzerine taşınma faaliyeti içerisindedir.

Tablo 6.1 İki İplik İşletmesine Ait Makina Parkı ve Proses Kontrol Planları

MAKİNA VEYA PROSES	P R O S E S K O N T R O L P L A N L A R I									
	KALİTE PARAMETRELERİ	USTER TAVSİYESİ	MAKİNA VE İÇ ADEDİ	A İŞLETMESİ NUMUNE ALMA ARALIK VE ADEDİ	MAKİNA VE İÇ ADEDİ	B İŞLETMESİ NUMUNE ALMA ARALIK VE ADEDİ	B İŞLETMESİ İÇİN ÖN GÖRÜLEN NUMUNE ALMA ARALIK VE ADEDİ			
TARAK	NUMARA VE NUMARA VARYASYONU	Devamlı (ONLINE) Ayda 1 defa (OF LINE)	30 Adet	Her makina Her postada 1 defa	32 Adet	Her makina Her postada 1 defa	Her postada 49 Makina 1 defa			
	USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	Devamlı (ONLINE) Ayda 1 defa (OF LINE)	2 Makina günde 1 defa	2 Makina günde 1 defa	Her Makina ayda 1 defa	Her 15 günde her makina 1 defa	Her postada 49 Makina 1 defa			
CER I	NUMARA VE NUMARA VARYASYONU	Devamlı (ONLINE) Haftada 1 defa (OF F LINE)	6 Adet	Her bir kafa Her postada 1 defa	9 Adet	Her bir kafa Her postada 4 defa	Her postada 49 Makina 1 defa			
	USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	Devamlı (ONLINE) Haftada 1 defa (OF F LINE)	tek kafa	Her bir kafa günde 1 defa	çift kafa	Her bir kafa Haftada 2 defa	2 günde 7 Makina (Bir gün 3, bir gün 4 Mak)			
CER II	NUMARA VE NUMARA VARYASYONU	Devamlı (ONLINE) Haftada 1 defa (OF F LINE)	6 Adet	Her bir kafa Her postada 1 defa	9 Adet	Her bir kafa Her postada 4 defa	Her postada 20 Makina 1 defa			
	USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	Devamlı (ONLINE) Haftada 1 defa (OF F LINE)	tek kafa	Her bir kafa 3 günde 1 defa	tek kafa	Her bir kafa Haftada 1 defa	Her postada 1 Makina 1 defa			
FİTİL	NUMARA VE NUMARA VARYASYONU	Her makina Haftada 1 defa	7 Makina	Her makina 4 ig postada 1 defa	9 Makina	Her makina 3 ig Her postada 1 defa	Her postada 9 Makinadan 2-3-2 ig			
	USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	Her makina Haftada 1 defa	Herbir Makina 108 ig	Her bir makina 1 ig postada 1 defa	Herbir 108 ig	4 makina 5 ig Her postada 1 defa	Her postada 9 Makinadan 1-2-1 ig			
İPLİK	NUMARA VE NUMARA VARYASYONU	Her makina Haftada 1 defa	46 Makina	Her makina 7 ig Her gün 1 defa	61 Makina	Her makina 5 ig Her gün 1 defa	Her gün 61 Makinadan 6 ig 1 defa			
	MUKAVEMET-ELASTİKİYET VE VARYASYONU	Her makina Ayda 1 defa	Herbiri	10 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	Herbiri	12 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	Her gün 15 Makinadan 5 ig 1 defa			
	BÜKÜM VE BÜKÜM VARYASYONU	Her makina Ayda 1 defa	Ortalama 456.2	10 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	Ortalama 452.6	12 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	Her gün 30 Makinadan 6 ig 1 defa			
	USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	Her makina Ayda 1 defa	ig Toplam 20.988	10 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	ig Toplam 27.608	12 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	Her gün 22 Makinadan 5 ig 1 defa			
	İNCE YER-KALIN YER VE NEFS	Her makina Ayda 1 defa	ig Toplam 20.988	10 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	ig Toplam 27.608	12 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	Her gün 16 Makinadan 6 ig 1 defa			
	TÜYLÜK	Her makina Ayda 1 defa	Her makina Ayda 1 defa	10 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	10 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	12 Makinadan 10 ig Her gün 1 defa	Her gün 23 Makinadan 5 ig 1 defa			

6.2 İplik Proses Kontrolünde Göz Önünde Bulundurulan Kalite Parametreleri ve Bir İplik İşletmesi için Optimum Ekonomik ve İstatistiksel Proses Kontrol Planlarının Tesbiti

Buraya kadar başlangıç bölümünde bu planların genel tanımlanması yapılmış ve bazı modeller içinde matematik formüller tanıtılmaya çalışılmış idi. Bundan sonra iplik prosesi için kontrol edilmesi gereken kalite parametrelerinin neler olması gerektiği iplik teknolojistlerinin bir tesbiti olarak verilmiştir.

Bu parametreler;

H.Hallaç prosesi için;

Vatka Numarası (Ne, Nm)

Vatka Numara Düzensüzlüğü (CV %)

Tarak Prosesi İçin;

Tarak Şeridi Numarası (Ne, Nm)

Tarak Şerit Numara düzensüzlüğü (CV %)

Tarak Şeridi Uster (kısa peryod) Düzensüzlüğü (CV %)

Cer I. ve II. Pasaj Prosesi için;

Cer Şeridi Numarası (Ne, Nm)

Cer Şeridi Numara Düzensüzlüğü (CV %)

Cer Şeridi Uster (kısa paryot) Düzensüzlüğü (CV %)

Fitil Prosesi için;

Fitil Numarası (Ne, Nm)

Fitil Numara Düzensüzlüğü (CV %)

Fitil Uster Düzensüzlüğü (CV %)

İplik Eğirme Prosesi için;

- İplik Numarası (Ne, Nm)
- İplik Numara Düzensüzlüğü (CV %)
- İplik Uster Düzensüzlüğü (CV%)
- İplik Mukavemeti
- İplik Mukavemet CV'si
- Elastikiyet
- Uzama Yüzdesi
- İnce ve Kalın yerler, Neps
- Büküm
- Tüylülük

olarak alınmaktadır.

Bu kalite parametrelerine ait kontrol planlarını tesbit etmek için izlenecek yol şu şekilde sıralanabilir.

- a) Üretim prosesinin nasıl bir proses olduğunun tesbiti ve böylece daha evvel sözü edilmiş modellerin seçiminin yapılması
- b) Modelin seçiminden sonra modelde geçen parametrelerin tesbiti veya tahmini
- c) Bu veriler ışığı altında modelin çözümünün yapılması (Varsa bilgisayar çözümünün bulunması)
- d) Model parametrelerinin tesbit veya tahminlerinde olabilecek muhtemel hataların sonuçları nasıl etkileyeceğini görebilmek için duyarlılık analizinin yapılması.

6.2.1 Üretim prosesinin nasıl bir proses tipi olduğunun tesbiti ve buna göre modelin seçimi

İplik prosesini denilen ve Harman - Hallaç, Tarak, cer, fitil ve iplik eğirme prosesini kapsayan bu proses parça üretimi şeklindeki sonlu (finit) bir üretim şekli olmayıp

sonsuz (infinite, Continuous) bir üretim prosesidir. Bundan başka Harman - Hallaç prosesi vatkalı sistem ise bu prodesteki ürünlerin kontrolü söz konusu olup bu her bir vatkanın kontrol edildiği % 100 kontrol şeklidir. Şayet H. Hallaç sistemi Shoot - Feed ise zaten burada bir ürün söz konusu olmadığından bu tür bir H. Hallaç prosesinde proses kontrole gerek kalmamaktadır. Bunun hariçinde Tarak, Cer I. Pasaj, Cer II. Pasaj proseslerinde ürünler ki bunlar sırası ile Tarak şeridi, Cer I. Pasaj şeridi ve cer II. pasaj şerididir. Bunlardan numuneler alınırken makinanın dolayısı ile üretimin durdurulmasına gerek görülmemektedir. Keza Fitol ve Ring makinalarında da numuneler alınırken bu makinalarda da üretimin durdurulmadığı kabul edilmektedir. Zira Ring makinasında çıkarılan kopsun yerine boş bir masura konup üretime devam edilmektedir. Fitol makinalarında ise böyle bir işlem yapılmamakla beraber bunun içinde üretimin durdurulmadığı kabul edilebilmektedir. Kullanılacak modeli seçerken daha evvel bahsedilen proses kalite parametrelerini etkileyen sebeplerin birden fazla olduğu görülmektedir. Mesela Tarak, Tarama ve Cer şerit numaralarında meydana gelebilecek değişimler aşağıdaki sebeplerden kaynaklanabilmektedir[40].

Yanlış numaradaki materyal ile besleme.

Yanlış materyal

Çekim silindirlerinde üstüne sarma

Eksik veya fazla bantla besleme

Beslenen bandın kısmen veya tamamen emilmemesi

Sistemde arızalı veya yanlış ayarlanmış otoregülatör

Düzgün olmayan çekim

Tarak tülünün kısmen kaybı

Yine Taraklarda, Tarama makinalarında ve Cerlerdeki düzgünlük ile ilgili değişim sebepleri olarak;

Çekim elemanlarının düzgün ayarlanmaması,

Hatalı makina parçaları,

Çekim silindirlerinde üstüne sarma,

Beslenen bandın kısmen emilmemesi,
 Arızalı otoregülatör,
 Dublaj sayısının yeterli olmaması,
 Tarak tülünün bir kısmının kaybı,
 Garnitür tellerinin yıpranması veya aşınmış olması,
 Yanlış tarak ayarları

sayılabilmektedir.

Bunun gibi fitil ve eğirme proseslerinde gözlenmesi gereken numara, büküm, mukavemet, düzgünlük, ince ve kalın yer, neps gibi kalite parametrelerindeki değişimin sebepleri olarak onlarca sebep sayılabilmektedir.

İşletmelerde bu kalite parametrelerindeki değişimin büyüklüğü ve hangi sebepten meydana geldiği hususunda bir bilgi maalesef bulunmamaktadır. Bu bakımdan bizim seçeceğimiz model uygulamadaki pratikliği açısından da Tek Sebepli Değişim Modeli olacaktır. Böylece bu kalite parametrelerine ait optimum ekonomik kontrol planlarının tesbiti amacı ile seçilecek model DUNCAN'ın TEK SEBEPLİ DEĞİŞİM MODELİ olarak tesbit edilmiş bulunmaktadır.

6.2.2 Tesbit edilen proses kontrol planı modeli için geliştirilen bilgisayar programında geçen parametreler

Duncan'ın tek değişim sebepli modelinin, daha evvel belirtildiği üzere E(L) bir saatlik üretim kaybını göstermek üzere;

$$E(L) = \frac{a_1 + a_2 n}{h} + \frac{a_4 \left[\frac{h}{(1-\beta)} - \tau + gn + D \right] + a_3 + \frac{a_3 \alpha \cdot e^{-\lambda h}}{(1-e^{-\lambda h})}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{h}{1-\beta} - \tau + gn + D} \quad 6.1$$

Şeklinde ifade edildiği ve optimum numune hacmi n, numune alma sıklığı veya aynı anlamda olmak üzere numune alma aralığı h ve nihayet kontrol kartı limitleri için k

değerlerinin bulunması için bu ifadenin minimum yapılması gereğinden bahsedilmiştir.

Bu model Duncan'ın çok sebepli değişim modelinin özel bir halidir. Yani daha önce;

$$E(A) = \frac{a_1 + a_2 n}{h} + \frac{\left\{ \frac{\sum_{j=1}^s a_{4j} \lambda_j \left[\frac{h}{1-\beta_j} - \tau_j + gn + D_j \right]}{\lambda} + \frac{\sum \frac{\lambda_j a_{3j}}{\lambda} + a_3 a e^{-\lambda h}}{1-e^{-\lambda h}} \right\}}{\left\{ \frac{1}{\lambda} + \frac{\sum \lambda_j \left[\frac{h}{1-\beta_j} - \tau_j + gn + D_j \right]}{\lambda} \right\}}$$

6.2

ifadesi ile verilmiş olan çok sebepli değişim modellerindeki E(A) birim zamandaki gelir kaybı ifadesindeki s=1 olması durumunda formül tek değişim sebepli modele dönüşebilmektedir. Majid ve Ziging [20] bu modele ait bir bilgisayar programı vermişlerdir. Bu bilgisayar programında Majid ve Ziging E(A) ifadesini ;

$$L' = \frac{\sum \lambda_j \beta_j M_j + \lambda AT + \sum \lambda_j W_j}{1 + \sum \lambda_j B_j} + \frac{b}{h} + \frac{cn}{h}$$

6.3

ile ifade etmişlerdir. Bu ifadede bazı kısaltmaların yapıldığı görülmektedir. Bu ifadedeki terimler şu manaya gelmektedir.

D_j: Değişime sebebiyet veren j inci sebebin araştırılıp bulunmasına kadar geçen süre,

$B_j = \frac{h}{P_j} - \tau_j + gn + D_j$: Değişime sebebiyet veren J'inci sebebin meydana gelmesinden farkedilip bulunmasına kadar geçen süre

$$\tau_j = \frac{1 - (1 + \lambda_j h)e^{-\lambda_j h}}{\lambda_j (1 - e^{-\lambda_j h})} : \text{Değişime sebebiyet veren } J\text{'inci sebebi meydana gelmesi ile bundan bir önce alınmış bulunan nümune arasındaki geçen süre}$$

$$A = \frac{\alpha \cdot e^{-\lambda h}}{1 - e^{-\lambda h}} : \text{Bir çevrim boyunca beklenen yanlış alarm sayısı}$$

$$\alpha = 2 \int_k^{\infty} \phi(z) dz : \text{Kontrol kartından alınacak yanlış müdahale sinyali}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\sum \lambda_j} : \text{Prosesin kontrol altında bulunmasının ortalama zamanı}$$

$$P = \int_{-\infty}^{-k - \delta \sqrt{n}} \phi(z) dz + \int_{-k - \delta \sqrt{n}}^{\infty} \phi(z) dz \quad 6.4$$

ile ifade edilen ve alınan ilk numunede gözlenen kalite parametresinde meydana gelmiş bir değişimin yakalanması olasılığı başka bir ifade ile bu değişimi yakalama gücünü ifade etmektedir. Bundan başka bu programda;

$$B_j = \frac{h}{P_j} - \tau_j + gn + D_j \quad 6.5$$

ifadesindeki

$$\tau_j = \frac{1 - (1 + \lambda_j h)e^{-\lambda_j h}}{\lambda_j (1 - e^{-\lambda_j h})} \quad 6.6$$

yerine programda

$$\tau_j = \frac{h}{2} - \lambda_j \frac{h^2}{12} \quad 6.7$$

ifadesi, Keza;

$$A = \frac{\alpha \cdot e^{-\lambda h}}{1 - e^{-\lambda h}} \quad \text{yerine} \quad A = \alpha \left[(h \sum \lambda_j)^{-1} - \frac{1}{2} + \frac{h \sum \lambda_j}{12} \right] \quad 6.8$$

ifadesi kullanılmıştır.

Bu çalışmada optimum n, k ve h değerleri bulunurken Majid ve Ziging'in bilgisayar programı göz önünde bulundurulmuş ve aynı notasyonlar kullanılarak benzer bir algoritma ve program geliştirilmiştir.

Bu programda kalite parametrelerinin optimizasyonu için;

- λ_j : Prosesin ortalama olarak kontrol altında bulunduğu zaman (saat olarak)
- δ_j : Proses kalite parametrelerinde meydana gelen değişimin kalite parametresi standart sapması cinsinden ifadesi.
- T : Yanlış yere prosese müdahale etmenin maliyeti :TL
- M_j : Değişimin ortaya çıkması ile ürün değerinde meydana gelen azalış: TL/saat
- W_j : Değişimin meydana getiren sebebin ortaya çıkarılma maliyeti : TL
- D : Değişimi meydana getiren sebebin ortaya çıkarılabilmesi için gerekli araştırma zamanı: saat
- g : Bir adet numune biriminin test ve analizi için gerekli ortalama zaman: Saat
- b : Bir adet numune almanın sabit maliyeti: TL/Adet
- c : Bir adet numune almanın değişken maliyeti: TL/Adet
- n : Numune hacmi

gibi 9 adet model parametresinin bilinmesi gerekmektedir. Bilgisayar programında maliyet fonksiyonunu minimum yapan "h" değeri aranmakta ve bunun içinde $\frac{\partial L'}{\partial h}$ kısmi türevi sıfıra eşitlenmektedir. Kapalı bir çözüm bulunmadığından belli bir hata payı ile iterasyonla çözüm aranmaktadır. Bu çözümde muhtelif n, k çiftleri için en uygun h değeri arandıktan sonra bu n, k, h değerleri için L' maliyeti hesaplanmaktadır. İkinci aşama olarak bulunan bu maliyetlerden en düşüğünü veren n, k çifti ve bunlara tekabül eden h değeri optimum ekonomik çözüm olarak kabul edilmektedir.

Duncan'ın proses değişim modellerinde geçen parametreler bir üretim birimi için kullanılması gereken parametrelerdir. Bu üretim birimleri iplik işletmelerinde hallaç prosesi için batör, taraklama prosesi için tarak makinası, Cer şeridi prosesi için Cer makinası veya Cer makinası birden fazla kafadan oluşuyorsa Cer kafası, fitil prosesi için Fitil makinası iği, iplik eğirme prosesi ise iplik makinası (Ring, Vater) iğidir.

Proses kontrol planlarına ait modellerin çözümünde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir diğer husus da modelde geçen kalite parametrelerindeki değişimin ortalama ortaya çıkış sıklığı olan λ nın tesbiti meselesidir. Bu parametrelerin tesbit edilebilmesi için her halükarda bir kontrol kartı tutma veya benzeri bir dökümanın kullanılması, gerekmektedir. Yine bu parametreyi tesbit etmek ve muayyen bir üretim birimindeki değişimi ortaya çıkarabilmek için o üretim biriminin haftalar, aylar, hatta yıllarca gözlenmesinin bir gereği olmayıp bunun için şu istatistiksel kural gözönünde bulundurulmalıdır; İzlenen kalite parametrelerindeki değişimin uyduğu istatistiksel model, üretim biriminin bulunduğu makinanın bütün üretim birimleri için aynıdır. Bu durumda λ parametresini daha kısa sürede tesbit etmek mümkündür.

6.2.3 Bir iplik işletmesinde Duncan'ın tek sebepli değişim modelinin uygulanması

Daha önce belirtildiği üzere ideal olan çok sebepli proses değişim modeli yerine bu modelde geçen parametrelere ait bilgilerin bulunamayışı ve ulaşılabilecek çözümlerde pratik bakımdan fazla anlamlı bir fark olmayacağı düşüncesi ile seçilmiş bulunan Duncan'ın tek sebepli proses değişim modeli, kalite anlayışı belli bir düzeyde olan iplik işletmelerinden birinde uygulanmak istenmiştir. Bunun için daha önce kısaca hakkında bilgi verilmiş bulunan Akın tekstil A.Ş aynı zamanda ISO 9003 belgesi de almış olması nedeni ile uygun görülmüştür. Bu işletmede halen uygulanmakta olan proses kontrol planı tablo 6.1 verilmiş idi. Bu kontrol planından hareketle Duncan'ın modellerinde göz önünde bulundurulmuş olan "bir üretim birimine" ait kontrol planı da daha sonraki sayfalarda gösterilen yöntem ve açıklamalarla belirlenmiş olup bu

değerlerde tablo 6.4 de gösterilmiştir. Tablolarda B işletmesi diye gösterdiğimiz bu işletmenin ring iplik makina parkı şu makinalardan oluşmaktadır.

H.Hallac	: 4 Batör çıkışlı
Tarak	: 32 Adet
Cer I	: 9 Adet
Cer II	: 9 Adet
Fitil	: 9 Adet (her biri 108 iğ toplam 972 iğ)
Ring	: 61 Adet (herbiri ortalama 452.6 iğ toplam 27.608 iğ)

Bu işletme için optimum ekonomik ve istatistiksel proses kontrol planlarını (izlenen her bir kalite parametrelerine ait ayrı ayrı) çıkarabilmek için ihtiyaç duyulan model parametrelerini tesbit etmek amacıyla yapılan araştırmalarda bazı parametrelere ait bilgileri temin etmek mümkün olamamıştır. Bunların başında λ ile gösterilen ve prosesteki değişim sıklığını gösteren model parametresine ait bilgi gelmektedir. Zira bu işletmede bile klasik Shewart kontrol kartı yerine Uster standartlarını baz alan kartlar kullanılmaktadır. Bu bakımdan bu parametreye ait bilgiyi diğer model parametrelerinin tesbit edilmesinden sonra gerek bu işletmenin hali hazırda uygulamakta olduğu proses kontrol planları gerekse gene daha önce hakkında bilgi verilen ve A işletmesi ile ifade edilen Orta Anadolu Ticaret Sanayisi ve İşletmesinin proses kontrol planları gözönünde bulundurularak tahmin edilmiştir. Bu λ model parametresi tayin edilirken numara, düzgünlük v.s gibi bazı kalite parametreleri için A işletmesinin proses kontrol planının optimuma yakın bir plan olduğu varsayımı ile A işletmesinin λ sına yakın bir λ değeri, bazı kalite parametreleri için B işletmesinin proses kontrol planının optimuma yakın bir plan olduğu varsayımı ile bu işletmenin λ değerine yakın bir λ değeri bazı kalite parametre içinde her iki işletmenin kontrol planlarının optimumdan uzak olduğu varsayılmış ve λ farklı değerlerde seçilmiştir. A ve B işletmelerine ait λ değerleri ise her iki işletmenin kontrol planları dikkate alındığında nümune alma aralıklarına tekabül eden λ değerleridir.

İplik prosesi kontrol planı için 14 kalite parametresi göz önünde bulundurulmuş ve bunlara ait 9 adet model parametrenin tesbiti ayrı ayrı yapılmıştır. Ancak burada sadece tek bir kalite parametresi (tarak şeridi numara ve numara varyasyonuna) ait model parametrelerinin tesbiti gösterilmiştir.

6.2.3.1 Kalite parametrelerine ait model parametreleri (δ , λ , M, W, D, T, b, c, q) nin tesbiti

Model parametreleri ile ilgili tesbitler ve bunun için gerekli hesaplamalar tarak şeridi numara ve numara varyasyonu kalite parametresi için yapılacaktır.

TARAK ŞERİDİ: Buna ait iki kalite parametresi bulunmaktadır. Bunlar;

a) Numara ve numara varyasyonu.

b) Uster düzgünlüğü

6.2.3.2 Tarak şeridi numara ve numara varyasyonuna ait proses değişim modeli parametrelerinin tesbiti

δ : Tarak şeridi numarasındaki \pm %2 lik bir farklılık genelde şeridin bozuk olduğu anlamına gelmektedir. δ ise değişimin anakitle standart sapması cinsinden ifadesidir. Yapılan araştırmada bununda 2 civarında alınmasının uygun olacağı görülmüştür.

λ : Şerit numarasındaki değişimin sıklığını gösteren bu değer $\lambda = 0.006$ olarak alınabileceği ön görülmüş bulunmaktadır (Daha önce anlatılan yaklaşımla).

M : Değişimin ortaya çıkması durumunda 1 saatteki üretim değerindeki kayıp göstermekte olup kesin olarak tesbiti güç bir parametredir. 1 saatlik tarak şeridi üretimi 25 kg/saat ve numaradaki bir değişimin bir sonraki aşamada operatör tarafından farkedilme olasılığının ortalama olarak 0.30 olduğu ve geri kalan 0.70 oranındaki bozuk şeritten yapılacak ipliklerin bobin

makinalarında bobinlenmeyip üstübu olacağı kabul edilmiştir. Buna göre operatör tarafından farkedilmeyip bobin makinasına kadar gidip işlem gören ve fakat bobin makinasında bozuk olduğu için çalışmayan iplik miktarı yaklaşık $0.70 \times 25 \text{ kg} = 17.5 \text{ kg}$ olacaktır.

Bunun maliyet değerinin ise pamuk satış fiyatının 210 TL/kg ve 20/1 Ne pamuk ipliğinin satış fiyatının 395.000 TL/kg olduğu göz önünde bulundurulup[41], üstübu iplik fiyatının da işletmede alınan bilgiye göre 60.000 TL/kg olduğu dikkat alındığında

$$17,5 \times (395.000 - 60.000) = 5.862.500 \text{ TL}$$

olarak hesap edilebilir. Öte yandan bu bozuk üretim bir sonraki makina olan Cer de operatör tarafından 0.30 olasılıkla farkedilse bile bu tarak şeridi yeniden pamuk harmanına katılacağından H.Hallaç ve Tarak katma değerleri sıfır olacaktır. Yapılan araştırmada pamuk, pamuk vatkası, Tarak şeridi, Cer I şeridi, Cer II şeridi arasındaki maliyet ilişkisinin aşağıdaki gibi olduğu tesbit edilmiştir.

Pamuk maliyeti	:	100 TL/kg	210.000 TL/kg
Vatka maliyeti	:	110 TL/kg.....	231.000 TL/kg
Tarak şeridi	:	125 TL/kg.....	262.500 TL/kg
Cer I	:	130 TL/kg.....	273.000 TL/kg
Cer II şeridi	:	134 TL/kg.....	281.400 TL/kg
Fitul şeridi	:	142 TL/kg.....	298.200 TL/kg
Kops iplik	:	157 TL/kg.....	329.700 TL/kg

Bu durumda Tarak şeridinin tekrar harmana katılması ile uğranılan kayıp miktar olarak

$$0.30 \times 25 \text{ kg} = 7.5 \text{ kg}$$

olup bunun maliyetinin ise;

$$7.5 \times (262.500 - 210.00) = 393.750 \text{ TL}$$

olacağı ve böylece toplam maliyetin;

$$M= 5.862.500 + 393.750 = 6.256.250 \text{ TL}$$

olacağı hesaplanmıştır.

W : Kalite parametrelerinde bir değişim meydana geldiğinde bunun araştırılması ve ortaya çıkarılmasının maliyeti.

Bu araştırma maliyeti proses durdurulmadığı için sadece araştırmayı yapan elemanın geçirdiği süreye bağlı olarak işçilik kaybı olarak düşünülmektedir. Bu süre işletmenin bu konuda sahip olduğu işletme tecrübesine bağlı olarak değişecektir. Bu sürenin ortalama miktarının 0.5 saat olacağı kabul edilmiştir. Yapılan araştırmada laboratuarda çalışan bir işçinin aylık maliyetinin 50 Milyon TL olarak alınabileceği anlaşılmıştır. Buna göre söz konusu maliyet;

$$0.5 \times [(50.000.000 : (25 \times 8))] = 125.000 \text{ TL/saat}$$

olarak hesaplanmıştır.

D : Kalite parametresindeki değişimin ortaya çıkarılması için geçen süre:

Bu süre tarak şeridi için yukarıda belirtildiği üzere ortalama olarak 0.5 saat olarak alınmaktadır.

T : Kalite parametrelerinde bir değişim söz konusu olmadığı halde gereksiz sebep araştırmanın maliyeti:

Bu maliyetin W maliyeti ile aynı olması beklenirse de sebebin ortaya çıkarılması mümkün olmayacağı için araştırmanın daha uzun olacağı (bazen akside olabilir) ve ortalama olarak 1 saat alacağı kabul edilmiştir. Dolayısıyla bu maliyet de

$$1 \times [(50.000.000 : (25 \times 8))] = 250.000 \text{ TL/saat}$$

olarak hesap edilmektedir.

b : Bir adet numune almanın sabit maliyeti:

Bu maliyette esas unsuru test cihazının maliyeti oluşturduğu kabul edilmiştir. Her ne kadar bu maliyet unsurunun içine laboratuvar için genel gider payı laboratuvar klima ve aydınlatması için yapılacak masraflar girerse de bu ihmal edilmiştir. Tarak şeridi numara ölçümünde kullanılan cihaz 20 Milyon TL civarında olup cihaz Cer şeridi ve Fitol numarası ölçümünde de kullanıldığından tarak şeridi numarası ölçümü için bu cihazın 1/4 kapasitesinin tahsis edileceği düşünülmüştür. Bu cihazın ekonomik ömrünün 15 yıl olduğu kabul edilmekte ve buna göre bu cihazın günlük maliyeti

$$\frac{20.000.000TL}{15.300} \cong 4500 \text{ TL/gün olarak hesaplanmaktadır.}$$

Bir adet numunenin test cihazı üzerindeki ölçüm süresinin 10 dakikayı geçmeyeceği bilinmekle beraber bu cihazın 1/4 kapasitesinin Tarak Şeridi için ayrıldığı düşünülecek olursa diğer sabit maliyet unsurları ile birlikte $4500:4 \cong 1500$ TL. 1 adet numunenin sabit maliyeti olarak alınmıştır.

c : Bir adet numunenin değişken maliyeti: Bu ise numunenin alınması, ölçülmesi ve sonuçların karta işlenmesi maliyetini kapsamaktadır. Bu sürenin 25 dk civarında olacağı ön görülmüştür.

Bu durumda bir adet numune almanın değişken maliyeti

$$\frac{25}{60} \times [(50.000.000 : (25 \times 8))] \cong 105.000 \text{ TL}$$

olarak hesap edilmektedir.

g : Numunelerin alınması, test edilmesi, sonuçların kaydedilmesi, değerlendirilmesi, karta işlenmesi için geçen ortalama zaman:

Bu zaman daha önce “c” parametresinde bahsedildiği gibi ortalama 25 dakika = 0.42 saat olarak alınmıştır.

Böylece tarak şeridine ait numara ve numara varyasyonu kalite parametrelerine ait proses kontrol planı modeli parametreleri tesbit edilmiş bulunmaktadır. Burada numara ve numara varyasyonuna ait proses kontrol planı birlikte düşünülmüştür, zira varyasyon hesabı için numara değerlerine ihtiyaç bulunmakta ve birlikte dikkate alınmaktadır.

İplik proses kontrol planının uygulanacağı diğer 13 kalite parametresine ait model parametreleri δ , λ , M, W, D, T, b, c, g ye ait hesaplamalar burada ayrı ayrı gösterilmemiş olup bu hesapların sonuçları ve bu sonuçlardan hareketle elde edilen n, k ve h proses kontrol planı parametrelerine ait optimum çözümler ve ayrıca bu optimum çözümler sonucunda işletmenin ele alınan her bir kalite parametresi için elde edilen minimum maliyetleri tablo 6.3 a, b, c, d, e, f, g, de gösterilmiştir.

6.2.3.3 Hesaplanan model parametrelerinin bilgisayar programında kullanılması ve optimum ekonomik ve istatistiksel n, k, h değerlerinin bulunması

Tablo 6.2 Kalite Parametrelerinin Test Edildiği Cihazlar ve Maliyetleri

PROSES ÇIKTISI	KALİTE PARAMETRESİ	TEST EDİLDİĞİ CİHAZ	CİHAZIN FİYATI	CİHAZIN GÖRECELİ KULLANMA ORANI
TARAK ŞERİDİ	Tarak Şeridi Numarası ve Numara Düzgünlüğü	ŞERİT VE FİTİL NUMARA ÖLÇME CİHAZI	20 Milyon T.L.	1/4
	Uster Düzgünlüğü	USTER TESTER III	14 Milyar T.L.	1/10
CER I. PASAJ ŞERİDİ	Cer Şeridi Numarası ve Numara Düzgünlüğü	ŞERİT VE FİTİL NUMARA ÖLÇME CİHAZI	20 Milyon T.L.	1/4
	Uster Düzgünlüğü	USTER TESTER III	14 Milyar T.L.	1/10
CER II. PASAJ ŞERİDİ	Cer Şeridi Numarası ve Numara Düzgünlüğü	ŞERİT VE FİTİL NUMARA ÖLÇME CİHAZI	20 Milyon T.L.	1/4
	Uster Düzgünlüğü	USTER TESTER III	14 Milyar T.L.	1/10
FİTİL	Numara ve Numara Düzgünlüğü	ŞERİT VE FİTİL NUMARA ÖLÇME CİHAZI	20 Milyon T.L.	1/4
	Uster Düzgünlüğü	USTER TESTER III	14 Milyar T.L.	2/10
İPLİK	Numara ve Numara Düzgünlüğü	AUTOSORTER CİHAZI	900 Milyon T.L.	10/10
	Mukavemet, Elastikiyet ve Düzgünlükleri	TENSORAPID CİHAZI	9 Milyar 775 Milyon T.L.	10/10
	Büküm ve Büküm Düzgünlüğü	BÜKÜM ÖLÇME CİHAZI	20 Milyon T.L.	10/10
	Uster Düzgünlüğü	USTER TESTER III	14 Milyar T.L.	2/10
	İnce, Kalın Yer ve Neps	USTER TESTER III	14 Milyar T.L.	1/10
	Tüyünlük	USTER TESTER III	14 Milyar T.L.	1/10
	Spektrogram	USTER TESTER III	14 Milyar T.L.	1/10

Tablo 6.3.a Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n,k,h) Değerleri ve Duyarlık Analizi Tablosu

PROSES ÇIKTISI	KALİTE PARAMETRESİ	M O D E L P A R A M E T R E L E R İ										PROSES KONTROL PARAMETRELERİ			Bir Saatlik Toplam Maliyet	P
		δ	λ	M	W	D (saat)	T	b	c	g (saat)	n	k	h			
TARAK	NUMARA	2.0	0.006	6.256.250	125.000	0.5	250.000	1.500	105.000	0.41	4	2	4.9	261.185	0.977	
		2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	3.14	227.817	0.990	
	VE	-	0.004	-	-	-	-	-	-	-	4	2	5.78	202.212	0.977	
		-	-	9.384.375	-	-	-	-	-	-	4	2	3.86	341.692	0.977	
	NUMARA VARYASYONU	-	-	-	187.500	-	-	-	-	-	4	2	4.78	261.463	0.977	
		-	-	-	-	0.75	-	-	-	-	4	2	4.78	269.962	0.977	
		-	-	-	-	-	375.500	-	-	-	4	2	4.76	262.250	0.977	
		-	-	-	-	-	-	2.250	-	-	4	2	4.78	261.256	0.977	
		-	-	-	-	-	-	-	157.500	-	4	2	5.8	300.473	0.977	
		-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	4	2	3.38	5737	0.977	
ŞERİDİ	USTER	2.0	0.00018	92.000	125.000	0.5	250.000	350.000	147.000	0.58	4	2	3.38	5737	0.977	
		2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2.5	3.14	5210	0.966	
	DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	-	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2.64	7406	0.977	
		-	-	138.000	-	-	-	-	-	-	4	2	2.75	7049	0.977	
	-	-	-	187.500	-	-	-	-	-	-	4	2	3.38	5748	0.977	
	-	-	-	187.500	0.75	-	-	-	-	-	4	2	3.38	5752	0.977	
	-	-	-	-	-	375.000	-	-	-	-	4	2	3.40	5753	0.977	
	-	-	-	-	-	-	525.000	-	-	-	4	2	3.69	6232	0.977	
-	-	-	-	-	-	-	220.500	-	-	4	2	3.89	6546	0.977		

Tablo 6.3.b Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n,k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu

PROSES	KALİTE PARAMETRESİ	M O D E L P A R A M E T R E L E R İ										PROSES KONTROL PARAMETRELERİ			Bir Saatlik Toplam Maliyet	
		δ	λ	M	W	D (saat)	T	b	c	g (saat)	n	k	h	P		
CER I.	NUMARA	2	0.008	10.642.800	125.000	0.5	187.500	1500	105.000	0.42	4	2	3.22	454165	0.977	
		2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	2.94	382365	0.998	
	VE	-	0.018	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2.28	800975	0.977	
		-	-	5.321.400	-	-	-	-	-	-	4	2	4.54	283252	0.977	
	NUMARA	-	-	-	62.500	-	-	-	-	-	4	2	3.22	453680	0.977	
		-	-	-	62.500	0.25	-	-	-	-	4	2	3.22	433621	0.977	
	VARYASYONU	-	-	-	-	-	93750	-	-	-	4	2	3.21	452885	0.977	
		-	-	-	-	-	-	750	-	-	4	2	3.21	453908	0.977	
	PASAJ	USTER	-	-	-	-	-	-	-	52.500	-	4	2	2.39	377492	0.977
			2	0.002	316.000	187.000	0.75	250.000	350.000	147.000	0.58	4	2	56	36788	0.977
ŞERİDİ	DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	52	33343	0.990	
		-	0.004	-	-	-	-	-	-	-	4	2	41	52604	0.977	
		-	-	632.000	-	-	-	-	-	-	4	2	39	53312	0.977	
		-	-	-	280.500	-	-	-	-	-	4	2	56	36913	0.977	
		-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	4	2	56	37203	0.977	
		-	-	-	-	-	375.000	-	-	-	4	2	56	36887	0.977	
I.		-	-	-	-	-	-	525.000	-	-	4	2	61	39767	0.977	
		-	-	-	-	-	-	-	220.500	-	4	2	64	41.656	0.977	

Tablo 6.3.c Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n,k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu

PROSES	KALİTE PARAMETRESİ	M O D E L P A R A M E T R E L E R İ										PROSES KONTROL PARAMETRELERİ			Bir Saatlik Toplam Maliyet	P
		δ	λ	M	W	D (saat)	T	b	c	g (saat)	n	k	h			
CER II.	NUMARA	2	0.003	28.140.000	125.000	0.5	187.500	1500	105.000	0.42	4	2	3.3	456.751	0.977	
		2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	2.2	390.627	0.990	
	VE	-	0.002	-	-	-	-	-	-	-	4	2	3.9	346.166	0.977	
		-	-	14.070.000	-	-	-	-	-	-	4	2	4.5	284.970	0.977	
	NUMARA VARYASYONU	-	-	-	250.000	-	-	-	-	-	4	2	3.3	457.122	0.977	
		-	-	-	-	0.75	-	-	-	-	4	2	3.3	477.354	0.977	
		-	-	-	-	-	281.250	-	-	-	4	2	3.3	458.007	0.977	
		-	-	-	-	-	-	2250	-	-	4	2	3.3	456.975	0.977	
		-	-	-	-	-	-	-	157.500	0.63	4	2	3.9	516.597	0.977	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	71	26791	0.977	
PASAJ	NUMARA	2	0.00011	3.160.000	187.500	0.75	250.000	312.000	147.000	0.58	4	2	71	26791	0.977	
		2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	65	24130	0.990	
ŞERİDİ	NUMARA	-	0.00022	-	-	-	-	-	-	-	4	2	50	38490	0.977	
		-	-	4.740.000	-	-	-	-	-	-	4	2	58	33110	0.977	
	DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	-	-	-	281.250	-	-	-	-	-	4	2	71	26800	0.977	
		-	-	-	30.000	1.13	-	-	-	-	4	2	71	26934	0.977	
		-	-	-	-	-	375.000	-	-	-	4	2	71	26870	0.977	
		-	-	-	-	-	-	468.000	-	-	4	2	77	28900	0.977	
-	-	-	-	-	-	-	221.000	0.87	4	2	81	31065	0.977			

Tablo 6.3.d Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n,k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu

PROSES ÇIKTISI	KALİTE PARAMETRESİ	M O D E L P A R A M E T R E L E R İ										PROSES KONTROL PARAMETRELERİ			Bir Saattik Toplam Maliyet	P
		δ	λ	M	W	D (saat)	T	b	c	g (saat)	n	k	h			
FİTİL	NUMARA VE NUMARA VARYASYONU	2	0.00004	195.720	25.000	0.1	85.000	1500	105.000	0.42	4	2	324	2648	0.977	
		2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	284	2268	0.990	
		-	0.00002	-	-	-	-	-	-	-	4	2	457	1871	0.977	
		-	-	295.000	-	-	-	-	-	-	4	2	372	2299	0.977	
		-	-	-	37.500	0.15	-	-	-	-	4	2	324	2649	0.977	
		-	-	-	-	-	127.5	-	-	-	4	2	324	2654	0.977	
		-	-	-	-	-	-	2250	-	-	4	2	324	2650	0.977	
		-	-	-	-	-	-	-	157.500	0.64	4	2	396	3238	0.977	
		-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	4	2	323	2655	0.977	
		2	0.0002	35.000	125.000	0.5	375.000	624.000	147.000	0.58	4	2	605	4190	0.977	
		2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	573	3890	0.990	
		-	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	4	2	391	5790	0.977	
		-	-	52.500	-	-	-	-	-	-	4	2	490	5154	0.977	
		-	-	-	187.500	-	-	-	-	-	4	2	605	4202	0.977	
-	-	-	-	0.75	-	-	-	-	4	2	542	4122	0.977			
-	-	-	-	-	562.500	-	-	-	4	2	607	4203	0.977			
-	-	-	-	-	-	1.248.000	-	-	4	2	751	5111	0.977			
-	-	-	-	-	-	-	220.500	-	4	2	677	4649	0.977			

DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ

Tablo 6.3.e Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n,k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu

PROSES ÇIKTISI	KALİTE PARAMETRESİ	M O D E L P A R A M E T R E L E R İ										PROSES KONTROL PARAMETRELERİ			Bir Saatlik Toplam Maliyet	P
		δ	λ	M	W	D (saat)	T	b	c	g (saat)	n	k	h			
İPLİK	NUMARA VE NUMARA VARYOSYONU	2	0.00005	8710	85.000	0.34	105.000	200.000	105.000	0.42	4	2	1708	748	0.977	
		2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	1572	675	0.990	
		-	0.00003	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2189	581	0.977	
		-	-	13065	-	-	-	-	-	-	4	2	1386	918	0.977	
		-	-	-	127.500	-	-	-	-	-	4	2	1708	749	0.977	
		-	-	-	-	0.51	-	-	-	-	4	2	1708	748	0.977	
	MUKAVEMET - ELASTİKİYET VE VARYOSYANLARI /	MUKAVEMET - ELASTİKİYET VE VARYOSYANLARI /	2	0.000	1235	125.000	0.5	125.000	2.173.000	105.000	0.42	4	2			0.977
			2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	7440	1205	0.990
			-	-	2470	-	-	-	-	-	-	4	2	3667	1917	0.977
			-	-	-	250.000	-	-	-	-	-	4	2	8767	1236	0.977
			-	-	-	62.500	-	-	-	-	-	4	2	7823	1216	0.977
			-	-	-	-	0.75	-	-	-	-	4	2	8104	1223	0.977
							187.500			4	2	8105	1223	0.977		
										4	2	-	-	0.977		
								3.259.500		4	2	-	-	0.977		
									210.000	0.84	4	2	11363	1267	0.977	

Tablo 6.3.f Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n,k,h) Değerleri ve Duyarlılık Analizi Tablosu

PROSES	KALİTE	M O D E L P A R A M E T R E L E R İ											PROSES KONTROL	Bir		
		PARAMETRESİ													Saatlik	
ÇIKTISI	PARAMETRESİ	δ	λ	M	W	D (saat)	T	b	c	g (saat)	n	k	h	Toplam	Maliyet	P
İPLİK	BÜKÜM	2	0.00001	8710	42.500	0.17	105.000	4500	125.000	0.5	4	2	3384	303	0.977	
		-	0.000009	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	3565	288	0.990
	-	0.000008	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	3778	271	0.977	
	-	0.000005	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	4768	214	0.977	
	-	-	14.000	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2662	385	0.977	
	-	-	-	70.000	0.34	-	-	-	-	-	4	2	3384	303	0.977	
	-	-	-	-	-	150.000	-	-	-	-	4	2	3391	304	0.977	
	-	-	-	-	-	-	6750	-	-	-	4	2	3391	304	0.977	
	-	-	-	-	-	-	-	-	187.500	0.75	4	2	4143	369	0.977	
	2	0.0001	1027	125.000	0.5	187.500	624.000	125.000	0.5	4	2	5614	459	0.977		
	-	-	-	200.000	-	-	-	-	-	-	4	2	5640	465	0.977	
	-	-	-	300.000	-	-	-	-	-	-	4	2	5674	473	0.977	
	-	-	-	400.000	-	-	-	-	-	-	4	2	5710	480	0.977	
	-	-	-	500.000	-	-	-	-	-	-	4	2	5746	487	0.977	
-	-	2000	-	-	-	-	-	-	-	4	2	3770	656	0.977		
-	-	3000	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2994	811	0.977		
-	-	4000	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2552	943	0.977		
-	-	5000	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2258	1058	0.977		

Tablo 6.3.g Optimum Ekonomik ve İstatistiksel (n,k,h) Değerleri ve Duyarlık Analizi Tablosu

PROSES	KALİTE PARAMETRESİ	M O D E L P A R A M E T R E L E R İ										PROSES KONTROL PARAMETRELERİ			Bir Saatlik Toplam Maliyet	P
		δ	λ	M	W	D (saat)	T	b	c	g (saat)	n	k	h			
İPLİK	İNCE YER - KALIN YER VE NEPS	2	0.00009	1027	125.000	0.5	187.500	320.000	250.000	1.0	4	2	6446	469	0.977	
		-	0.00001	-	-	-	-	-	-	-	4	2	6200	492	0.977	
		-	0.00015	-	-	-	-	-	-	-	4	2	5400	590	0.977	
		-	0.00017	-	-	-	-	-	-	-	4	2	5198	623	0.977	
		-	0.0002	-	-	-	-	-	-	-	4	2	4969	668	0.977	
		-	0.0001	-	-	-	-	-	-	-	4	2	3535	553	0.977	
		-	-	3000	-	-	-	-	-	-	4	2	3428	831	0.977	
		-	-	4000	-	-	-	-	-	-	4	2	2921	966	0.977	
		-	-	-	250.000	-	-	-	-	-	4	2	6491	478	0.977	
		-	-	700	125.000	0.5	187.500	320.000	187.500	0.75	4	2	5404	611	0.977	
TÜYLÜK	TÜYLÜK	-	0.00007	-	-	-	-	-	-	-	4	2	7913	310	0.977	
		-	-	1050	-	-	-	-	-	-	4	2	3694	786	0.977	
		-	-	1500	-	-	-	-	-	-	4	2	2793	970	0.977	
		-	-	-	200.000	-	-	-	-	-	4	2	5634	623	0.977	
		-	-	-	250.000	0.75	-	-	-	-	4	2	5804	630	0.977	
		-	-	-	-	-	360.000	-	-	-	4	2	5421	611	0.977	
		-	-	-	-	-	-	640.000	-	-	4	2	7256	662	0.977	
		-	-	-	-	-	-	-	250.000	0.95	4	2	6804	652	0.977	

6.3 Optimum Ekonomik Ve İstatistiksel (n,k,h) Değerleri Ve Duyarlılık Analizi Tablolarında Gösterilen Sonuçların Elde Edilişi Ve Analizi

Optimum çözüm için kullanılacak Proses Kontrol Planı modeli olarak verilerde karşılaşılan eksiklik ve belirsizlikler yüzünden ve aynı zamanda sonuçları pratik açıdan fazla etkilemeyeceği düşüncesi ile Duncan'ın tek sebepli proses değişim modeli seçilmiştir. Bu model ile hesaplanması gereken optimum değerler için de Duncan'ın çok sebepli proses değişim modeli için Jaraidi ve Zuhuang [20] tarafından yapılmış bir bilgisayar programını esas alan başka bir bilgisayar programı hazırlanmış ve kullanılmıştır.

Bu programla optimum ekonomik ve istatistiksel proses kontrol parametrelerinin elde edilebilmesi için gerekli model parametreleri ise bir önceki bölümde tarak şeridine ait numara ve numara varyasyonu kalite parametresi için uygulanan yöntemle tesbit edilmiş ve tablolara yerleştirilmiştir.

Elde edilen optimum çözümler ekonomik çözüm alternatifleri içinde prosteki değişimleri farketme istatistiksel güvenilirliği belli bir değerden (0,95) fazla olan (seçilen ekonomik çözümlerde bu güvenilirlik 0,977 alınmıştır) çözüm Optimum Ekonomik ve İstatistiksel çözüm olarak kabul edilmiştir. Jaraidi ve Zuhuang'ın bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar tam ekonomik çözümler olup bu çözümlerde değişimi farkedebilme istatistiksel güvenilirliği için bir minimum değer aranmamış ve elde edilen tam ekonomik çözümlerde prosteki değişimi farkedebilme güvenilirliğinin 0.70-0.80 değerlerine kadar düştüğü görülmüştür. Uzun vadede optimum olabilecek bu çözümler iplik işletmelerimiz için gerçekçi görülmemiştir. Böylece ulaşılan çözümlerin yer aldığı 6.3.a, b, c, d, e, f ve g nolu tablolarda kontrol edilmesi gereken kalite parametreleri için optimum n ve optimum k değerlerinin n=4 ve k=2 olduğu görülmüştür. Optimum ekonomik ve istatistiksel h değeri için saat cinsinden numune alma aralıkları ise her kalite parametresi için farklı bulunmuştur. Burada bulunan h numune alma aralığı her bir üretim birimi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu üretim birimleri tarak şeridine ait kalite parametreleri için 1 adet tarak makinası, Cer I şeridi için bu makinalarda iki kafa olduğu için 1 adet kafa, Cer

II şeridi için bu makinalarda 1 kafa olduğu için 1 kafa veya 1 makina, fitil ve iplik parametreleri için de 1 adet fitil makinası için ve 1 adet Ring iği alınmıştır. Bu şekilde bilgisayar programı ile hesaplanmış optimum ekonomik ve istatistiksel h değerleri daha önce de ifade edildiği gibi izlenen kalite parametresi örneğin tarak şerit numarası için söz konusu olduğunda işletmede tarak şeridi üreten her bir birimden alınacak numune alma aralıklarını vermektedir. İşletmelerde bu numune alma aralıkları üretim birimi olarak değil tablo 6.1'de'da verildiği gibi daha farklı şekillerde ifade edilmektedirler.

Model parametrelerinde hesaplanamayan veya geçmiş bilgilerden tesbit edilemeyen tek parametre λ (ortalama olarak prosesin 1 saatteki değişim miktarı) olup bununla ilgili öngöründe iki işletmeye ait numune alma planları göz önünde bulundurulmuş ve genelde iki işletme numune alma planına tekabül eden λ değerleri arasında kalacak şekilde seçim yapılmıştır.

Üretim birimlerine ait numune alma aralıkları h değerinden işletmelerde kullanılan şekli ile ifade edilen numune alma aralıklarına geçiş ise şu şekilde yapılabilmektedir.

Kontrol edilecek kalite parametresi için

- v : Bir makinadaki Ü.B.S (Üretim Birimi Sayısı: Bir iplik makinasındaki iğ adedi gibi)
- y : İşletmedeki bu makinaların sayısı
- z : İşletmedeki toplam Ü.B.S ($z = v.y$)
- t : Standart olarak belli bir zaman aralığı (Saat, posta, gün, ay gibi)
- q : t zaman aralığında kontrol edilen makina sayısı (15, 10, 20 veya tamamı gibi)
- w : t zaman aralığında kontrol edilen makinalardan alınan üretim birimi sayısı
ÜBS (Bir makinadan 6,8 iğ gibi)
- h : Her üretim birimi için kabul edilen veya hesaplanan ortalama numune alma aralığı (saat olarak)

Bu durumda h değeri;

$$h = t \times \frac{y}{q} \times \frac{v}{w}$$

formülü ile hesaplanabilecektir.

Örneğin B işletmesinde iplik numara ve numara düzgünsüzlüğü ile ilgili yapılan kontroller için numune alma şekli şu şekildedir;

“Her makinadan 5 iğ hergün 1 defa“ buna göre her bir iğin ortalama numune alma aralığı,

$$h = 22.5 \times \frac{61}{61} \times \frac{452.6}{5} = 2036 \text{ Saat}$$

Keza A işletmesi için iplik numara ve numara varyasyonu ile ilgili h değeri

$$h = 22.5 \times \frac{46}{46} \times \frac{456.2}{7} = 1466 \text{ saat}$$

bulunmaktadır.

Bu hesaplama tarzı ile A ve B işletmesinden alınan proses kontrol planları için Tablo 6.2 herbir üretim birini için ortalama numune alma aralığı h nin dönüşümü yapılmış 6.4 nolu tabloda gösterilmiştir. Bunun yanında bizim öngördüğümüz proses kontrol planları için hesaplanan h değerleri de karşılaştırma yapılabilmesi için Tablo 6.2'de gösterilmiştir.

Örneğin tarak şeridi numara ve numara düzgünsüzlüğü için öngörülen λ ve δ ve hesaplanan M, W, D, T, b, c, g model parametreleri için elde edilmiş bulunan bilgisayar çözümü sonucu h nin optimum ekonomik ve istatistiksel değeri için h=4.9 saat bulunmuştur. Bunun anlamı her bir tarak makinasından şerit numara ve numara varyasyonun kontrolü için 4.9 saat aralıklarla numune alınmasıdır. Pratikte 4.9 saat ile makinaları kontrol etmek çok zor ve pratik olmadığından makinalardan alınacak

numunelerin postada 1 veya 2 defa alınması şekli akla gelmektedir. Ancak her iki durumdada maliyet analizlerinin yer aldığı 6.3.a nolu tablodan görüleceği üzere numune alma aralığı h nin değeri 4.9 saat yerine 7.5 saat alındığında maliyetteki ilave artış $17809 \text{ TL/makina-saat}$, 3.75 saatle 1 defa numune alındığında ise $266.600 - 261185 = 5415 \text{ TL/makina-saat}$ bir maliyet artışı sözkonusu olabilmektedir. Bu nedenle hesaplanan 4.9 saat değerine uygulamada da mümkün olduğu kadar bağlı kalmak gerekmektedir. Bunun için ise daha önce verilen formülden yararlanarak $32:4,9 \times 7,5 = 48,979 \cong 49$ makina/posta bulunur. Böylece 1 saatte kontrol edilmiş makina adedi $49:7.5 = 6.53$ makina olacak ve işletmede 32 tarak makinası olduğundan $32:6.53 = 4.9$ saatle bu tüm tarak makinaları kontrol edilmiş olacaktır. Yani kontrol planımız postada 49 makina olmalıdır.



Tablo 6.4 İki İşletmede Uygulanmakta Olan ve Bunlardan Birisi İçin Önerilen Proses Kontrol Planları ve Maliyetleri

MAKİNA VEYA PROSES	P R O S E S K O N T R O L P L A N L A R I M A L İ Y E T A N A L İ Z İ (n=4, k=2)													
	A İŞLETMESİ					B İŞLETMESİ					B İÇİN ÖNERİLEN		YAPILAN TASARRUF	
	KALİTE PARAMETRELERİ	MAKİNA VE İĞ ADEDİ	h saat	Üretim biriminde 1 saatlik Maliyet	MAKİNA VE İĞ ADEDİ	h saat	Üretim biriminde 1 saatlik Maliyet	h saat	Üretim biriminde 1 saatlik Maliyet	(A-C)	(B-C)			
TARAK	NUMARA VE VARYASYONU	30	7.5	278994	32	7.5	278994	4.9	261185	17809	17809	17809		
	ÜSTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	Adet	338	5737	Adet	562	6969	338	5737	0	1232	1232		
CER I	NUMARA VE VARYASYONU	6 Adet	7.5	556663	9 Adet	1.88	492470	3.2	454165	102.498	102.498	38305		
	ÜSTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	1 kafa	22.5	51.693	2 kafa	67.5	37335	56	36788	14.905	14.905	547		
CER II	NUMARA VE VARYASYONU	6 Adet	7.5	564899	9 Adet	1.88	494.492	3.3	456751	108.148	108.148	37741		
	ÜSTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	1 kafa	67.5	27009	1 kafa	135	32427	71	26791	218	218	5636		
FİTİL	NUMARA VE VARYASYONU	7 Makina	203	2939	9 Makina	270	2691	324	2648	291	291	43		
	ÜSTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	756 iğ	810	4354	972 iğ	608	4191	605	4190	164	164	1		
İPLİK	NUMARA VE VARYASYONU	46 Makina	1466	900	61 Makina	2036	862	1708	748	88	88	17		
	MUKAVEMET-ELASTİKLİK VE VARYASYONU	46 Makina	4721	1266	61 Makina	5176	1250	8104	1223	43	43	27		
	BÜKÜM VE BÜKÜM VARYASYONU	Toplam	4721	320	Toplam	5176	330	3384	303	17	17	27		
	ÜSTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	20.988	4721	464	27.608	5176	461	5614	459	5	5	2		
	İNCE-KALIN YER VE NEPS	iğ	4721	487	iğ	5176	478	6446	469	18	18	9		
TÜYLÜK		4721	613		5176	611.7	5404	611	2	2	0			

Tablo 6.5 B İşletmesi İçin Önerilen Optimum Ekonomik ve İstatistiksel Kontrol Planı

P R O S E S K O N T R O L P L A N I (n=4, k=2)					
MAKİNA VEYA PROSES	MAKİNA VE ÜRETİM BİRİM SAYISI	KALİTE PARAMETRELERİ	HER BİR ÜRETİM BİRİMİ İÇİN HESAPLANAN h (saat) NUMUNE ALMA ARALIĞI	PRATİKTE UYGULANMASI GEREKEN PROSES KONTROL PLANI VE BUNA TEKABÜL EDEN ÜRETİM BİRİMİ İÇİN h DEĞERİ	
				TÜM ÜRETİM BİRİMİ VEYA MAKİNALAR İÇİN	Saat h
TARAK	32 Adet	NUMARA VE NUMARA VARYOSYONU	4.9	Her postada 49 Makina 1 defa	4.89
		USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	338	Her 15 günde her makina 1 defa	337.5
CER I	9 Adet (Herbiri 2 kafa)	NUMARA VE NUMARA VARYOSYONU	3.2	Her postada 21 Makina 1 defa	3.21
		USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	56	1 gün 3 Makina 1 gün 4 Makina (2 günde 7 Mak)	57.85
CER II	9 Adet (Herbiri 1 kafa)	NUMARA VE NUMARA VARYOSYONU	3.3	Her postada 20 Makina 1 defa	3.37
		USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	71	Her postada 1 Makina 1 defa	67.5
FİTİL	9 Adet Herbiri 180 iğ	NUMARA VE NUMARA VARYOSYONU	324	Her postada 9 Makinadan postalara göre 2-3-2 iğ	324
		USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	605	Her postada 9 Makinadan postalar itibari ile 1-2-1 iğ	605
İPLİK	61 Adet Toplam 27608 iğ Herbiri Ortalama 452.6 iğ	NUMARA VE NUMARA VARYOSYONU	1708	Her gün 61 Makinadan 6 iğ 1 defa	1697
		MUKAVEMET-ELASTİKİYET VE VARYOSYONU	8104	Her gün 15 Makinadan 5 iğ 1 defa	8282
		BÜKÜM VE BÜKÜM VARYOSYONU	3384	Her gün 30 Makinadan 6 iğ 1 defa	3451
		USTER DÜZGÜNSÜZLÜĞÜ	5614	Her gün 22 Makinadan 5 iğ 1 defa	5647
		İNCE YER-KALIN YER VE NEPS	6446	Her gün 16 Makinadan 6 iğ 1 defa	6470
		TÜYLÜLÜK	5404	Her gün 23 Makinadan 5 iğ	5401

Bu şekilde Tablo 6.3.a dan 6.3.g ye kadar olan tablolarda bilgisayar çözümleri ile elde edilen kalite parametrelerine ait optimum numune alma aralıkları pratikte uygulanabilecek tarza dönüştürülmüş ve böylece aranan nihai proses kontrol planı Tablo 6.5 de elde edilmiş bulunmaktadır.

6.3.1 Maliyet analizi ve sonuçları

Böylece tablo 6.5 de ön görülen ve hesaplanan model parametreleri çerçevesinde B işletmesi için optimum ekonomik ve istatistiksel proses kontrol planları elde edilmiş bulunmaktadır. Bu tablodan görüleceği üzere alınacak numuneler için optimum numune hacminin $n = 4$, kontrol kartında kullanılacak alt üst sınırlar için sigma katsayısı $k = 2$ optimum h değerleri için de her bir kalite parametresi için farklı bir değerler bulunmuştur.

Bu optimum n , k ve h değerleri bulunurken optimum çözüme tekabül eden minimum maliyet değerleri de gene bilgisayar programı yardımı ile hesaplanmış bulunmaktadır. Tablolardan görüleceği üzere başlangıç prosesleri olan tarak ve Cer prosesleri için büyük maliyetler söz konusudur. Bu nedenle özellikle bu iki proseste uygulanacak numune alma aralıkları için çok hassas davranılmalıdır. Tablo 6.3 görülen bir diğer maliyete ilişkin husus A ve B işletmeleri hemen hemen aynı büyüklükte pamuklu işletmesi olmasına rağmen bazı kalite parametreleri için oldukça farklı kontrol planları uygulamakta ve ikisinden birisi ekonomik olmayan, maliyeti yüksek bir numune alma planı uygulamaktadır. Zira her iki işletmede kalite düzeyi yüksek işletmeler olarak bilindiğinden kalite parametrelerine ait λ değerlerinde yakın olması beklenmekte ve diğer model parametrelerinin fazla farklı olmayacağından hareketle iki işletmeden birinin doğru olmayan bir plan uyguladığı sonucu çıkarılmaktadır.

Toblo 6.5 den çıkarılabilecek diğer bir sonuç ise biran B işletmesi için ön görülen proses kontrol planının uygulandığı ve A işletmesi için de önerilebileceğini kabul ederek,tesbit edilen optimum numune alma planının her iki işletme için uygulandığında elde edilecek yıllık kazanç şu şekilde hesaplanabilir;

B işletmesi için;

Tarakta	: 17 809 TL x 32 Makina x 6750 saat	= 3.846.744.000 TL
	12 32 TL x 32 Makina x 6750 saat	= 266.112.000 TL
Cer I	: 38 305 TL x 18 Kafa x 6750 saat	= 4.654.057.500 TL
	547 TL x 18 Kafa x 6750 saat	= 66.460.500 TL
Cer II	: 37 741 TL x 9 kafa x 6750 saat	= 2.292.765.750 TL
	5 636 TL x 9 kafa x 6750 saat	= 342.387.000 TL
Fitul	: 43 TL x 972 iğ x 6750 saat	= 282.123.000 TL
	1 TL x 972 iğ x 6750 saat	= 6.561.000TL
İplik	: 17 TL x 27 608 iğ x 6750 saat	= 3.168.018.000 TL
	27 TL x 27 608 iğ x 6750 saat	= 5.031.558.000 TL
	27 TL x 27 608 iğ x 6750 saat	= 5.031.568.000 TL
	2 TL x 27 608 iğ x 6750 saat	= 372.708.000 TL
	9 TL x 27 608 iğ x 6750 saat	= 1.677.186.000 TL
	0 TL x 27 608 iğ x 6750 saat	= 0
	<u>Genel Toplam</u>	<u>= 27.038.288.750 TL</u>

A işletmesi için;

Tarakta	: 17.809 TL x 30 Makina x 6750 saat	= 3.606.322 TL
	0 TL x 30 Makina x 6750 saat	= 0 TL
Cer I	: 102.498 TL x 6 Makina x 6750 saat	= 4.151.169.000 TL
	14.905 TL x 6 Makina x 6750 saat	= 603.652.500 TL
Cer II	: 108.148 TL x 6 Makina x 6750 saat	= 4.379.994.000 TL
	218 TL x 6 Makina x 6750 saat	= 882.900 TL
Fitul	: 291 TL x 756 iğ x 6750	= 1.484.973.000TL
	164 x 756 iğ x 6750	= 836.892.000TL
İplik	: 88 TL x 20 988 iğ x 6750 saat	= 12 466.872.000 TL
	43 TL x 20 988 iğ x 6750 saat	= 6.091.767.000 TL
	17TL x 20 988 iğ x 6750 saat	= 2.408.373.000 TL
	5 TL x 20 988 iğ x 6750 saat	= 708.345.000 TL

18 TL x 20 988 iğ x 6750 saat	= 2.550.042.000 TL
2 TL x 20 988 iğ x 6750 saat	= 283.338 000 TL
<u>Genel Toplam</u>	<u>= 33.480.855.900 TL</u>

olarak hesaplanabilir.

6.3.2 Duyarlılık analizi ve sonuçları

Daha önce sözünü ettiğimiz 6.3. a, b, c, d, e, f ve g nolu tablolardan görüleceği gibi her bir model parametresine farklı değerler verilerek optimum n, k, h değerleri ile maliyetlerdeki değişim izlenmiştir. Model parametreleri için genel olarak 0,50 artırımlar verilmekle beraber bazı kalite parametrelerinde bu model parametreleri için verilen artırımlar 2, 3, 4, 5 kat arttırılmış ve çözümlerin yeni şekli ayrı satırlarda gösterilmişlerdir. Mesela iplik büküm ve büküm varyasyonuna ait kalite parametresinde λ model parametresi için diğer model parametreleri sabit kalmak şartı ile ön görülen $\lambda=0,00001$ değerinin $\lambda=0.00009$, $\lambda=0.00008$, $\lambda= 0.000005$ değerleri alması keza iplik uster düzgünsüzlüğü kalite parametresi için $M= 1027$ TL/saat, $M= 3000$ TL/saat, $M= 4000$ TL/saat, $M= 5000$ TL/saat değerleri alması durumunda sonuçlar izlenmiştir. Tabloların birinci satırlarında model parametrelerinin hesap edilmiş veya ön görülmüş değerleri verilmektedir, takibeden diğer satırlarda çizgi (-) ile gösterilen değerler orjinal değerleri göstermektedir. Bu tablolardan birçok değerlendirme yapmak mümkünsede özetle şunları söylemek mümkündür δ , λ , M ve C model parametreleri 0.50 kadar farklılıklara bile oldukça duyarlıdırlar. Bu bakımdan özellikle bu parametrelerin doğru bir şekilde tesbit edilmesine özen gösterilmelidir. Mesela tarak şeridi numara ve numara varyasyonuna ait λ parametresini 0.006 değerinden 0.004 değerine düştüğünde yani 0.34 azaldığında h parametresi 4.9 saat değerinden 5.78 saata çıkmaktadır yani %18 bir artış olmakta ve böylece 1 saatlik maliyetteki azalışı $(261\ 185-202\ 212)= 58\ 973$ TL yani % 23 kadar olmaktadır. Aynı şekilde bütün model parametrelerinin yapılacak hesaplama hataları veya ön görüler karşısındaki duyarlılıklarını tablolardan izlemek mümkündür.

BÖLÜM 7 SONUÇ VE ÖNERİLER

1) Optimum Ekonomik ve İstatistiksel Kontrol Planları teknoloji ve işletme şartlarının hızla değiştiği günümüzde uygulanması gereken dinamik kontrol planlarıdır. Tam ekonomik kontrol planları ise uzun vadede optimum olan proses kontrol planları olarak gözükmektedir.

2) Bu çalışmada optimum çözüm olarak ekonomik ve istatistiksel kontrol planları tercih edilmiştir. Yani ekonomik çözümler arasında istatistiksel güvenilirliği az olup uzun dönemde en ekonomik olacak çözüm değil en ekonomik olmasa bile istatistiksel yönden belli bir güvenilirliği olan çözümler tercih edilmiştir. Böylece kalite parametrelerinde meydana gelebilecek muhtemel değişimleri farkedebilme olasılığının 0.95 den fazla olması göz önünde bulundurulmuş ve çözümlerden görüleceği ise bu güvenilirliğin daha düşük istatistiksel güvenilirliklerde de mesela 0.70- 0.80 arasında bile gerçekleşebildiği elde edilen çözümlerde görülebilmektedir.

3) İşletmeler uygulamakta oldukları proses kontrol planlarını çalışmamızda belirtildiği gibi ekonomik ve istatistiksel optimum proses kontrol planları olarak tesbit ettikleri takdirde ekonomik bir avantaj sağlayacaklardır. Bu avantaj genel olarak bozuk veya standart dışı üretimin kısa zamanda farkedilmesi ve önleminin alınması, test, analiz, değerlendirme maliyetlerinin minimum olması ve nihayet proseste bir bozulma yokken yanlışlıkla prosese müdahale edip gereksiz işçilik ve malzeme kaybına sebep olmayı minimumda tutmak şeklinde olmaktadır.

4) İşletmeler kendileri için en uygun proses kontrol planlarını tesbit edebilmek için kendi işletme şartlarına en uygun olan modeli seçmekle işe başlamalıdır. Mesela çalışmamızda ön görülen modelde proses kalite parametresinde bir değişim olmuşsa bunun sebebinin araştırılması ve ortadan kaldırılması süresinde bir çok iplik

işletmesinde yapıldığı gibi prosesin durdurulmadığı ön görülmüştür. Fakat bu öngörü daha kıymetli bir materyal (yün, keten, ipek gibi) kullanıldığında çok ideal bulunmayabilir, o zaman daha önce bahsedilmiş olunan diğer modeller göz önünde bulundurulmalıdır.

5) Model parametreleri ile ilgili yapılan duyarlılık analizinde optimum çözümlerin δ , λ , M , W ve C ye karşı duyarlı olduğu belirtilmişti. Buradan ulaşılabilecek sonuç çözümün statik değil dinamik bir yapıya sahip oluşudur. Yani model parametrelerinin tesbiti doğru yapılırsa bile zaman içinde bu parametre değerlerinde değişimler olabilir. Mesela λ parametresinin işletmenin sahip olduğu uygunluk kalite düzeyi ile yakından ilgisi olduğundan işletmenin uygunluk kalite düzeyi arttığında bu kontrol planları tekrar gözden geçirilmeli ve revize edilmelidir.

6) Proses kontrol planlarının tesbitinde en önemli hususlardan biri kalite parametresinde meydana gelen değişimin sıklığı λ hakkındaki bilginin işletmelerde maalesef bulunmayışıdır. Bu bakımdan işletmelerimizin kalite kontrol teknikleri ve araçları hakkında bilinçlendirilmeleri ve sözü edilen model parametrelerini sağlıklı bir şekilde tesbit edebilmeleri gerekmektedir.

7) Optimum ekonomik ve istatistiksel kontrol planlarının uygulanması ile sadece işletmeler maliyetlerini azaltmayacaklar aynı zamanda ülke kaynakları da israf edilmemiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Duncan A. J. "Quality Control and Industrial Statistick" Richard D. Irwin Inc. Fourth edition 1974.
- [2] Cowden D. J. "Statistical Methods in Quality Control" Prentice-Hall Inc. 1957.
- [3] Kirkpatrick E. G. "Quality Control for Managers and Engineers" John Wiley and Sons Inc. U.S.A. 1970.
- [4] Juran J. M. - Gryna F.M. "Quality Planning and Analysis" Mc Graw-Hill Book Company 1970.
- [5] Simmons D. A. "Practical Quality Control" Addison-Wesley Publishing Company, 1986
- [6] Hansen B. "Quality Control Theory and Aplications" Prentice-Hall of India Private Limited 1966.
- [7] Grant E. L. - Leavenworth R. S. "Statistical Quality Control" 6. Edition, Mc Graw-Hill Book Company 1988.
- [8] Montgomery D. C. "Introduction to Statistical Quality Control" John Wiley and Sons New York-Chichester-Brishone, Toranta 1991.
- [9] Kanuzaka T. "The Effect of Measurement Error on the Power of \bar{X} -R Charts" Journal of Quality Technology, Vol 18, No 1, pp 91-95, 1986.
- [10] Saniga E. M. - Davis D. J. - Williams T. P. Mc "Economic, Statistical, and Economic, Statistical Design of Attribute Charts" Journal of Quality Technology, Vol 27, No 1, pp 56-59, 1995.
- [11] Mc Williams T. P. "Economic Control Chart Designs and the in-Control Time Distribution A Sensitivity Study" Journal of Quality Technology, Vol 27, No 2, pp 103-110, 1989
- [12] Baxley R. V. "An Application of Variable Sampling Interval Control Charts" Journal of Quality Technology October Vol 27, No 4, pp 275-276, 1995
- [13] Collani E. V "A Simple Procedure to Determine the Economic Design of an \bar{X} Control Charts" Journal of Quality Technology, Vol 18, No 3, pp 145-151, 1986

- [14] Castillo E. D., Montgomery D. C. "A General Model for the Optimal Economic Design of \bar{X} Charts Used to Control Short or Long Run Processer" IIE Transactions Vol 28, pp 193-201, 1996
- [15] Collani E. V, Saniga E. M., Weigand C. "Economic Adjustment Designs for \bar{X} Control Charts", IIE Transactions, Vol 26, No 6, pp 37-43
- [16] Parkideh S. and Parkideh B. "The Economic Design of A Flexible Zone \bar{X} - Charts With AT and T Rules" IIE Transactions, Vol 28, pp 261-266, 1996
- [17] Keats J. B. and Miskulin J. D. - Runger G. C. "Statistical Process Control Scheme Design" Journal of Quality Technology , Vol 27, No 3, pp 214-224,1995
- [18] Castillo E. D., Mackin P. and Montgomery D. C. "Multiple-Criteria Optimal Design of \bar{X} Control Charts" IIE Transactions, Vol 28, pp 467-474, 1996
- [19] Mc Williams T. P. "Economic, Statistical, and Economic Statistical \bar{X} Charts Designs" Journal of Quality Technology, Vol 26, No 3, pp 227-238, 1994
- [20] Jaraidi M. and Zhuang Z. "Determination of Optimal Design Parameters of \bar{X} Charts When There is A Multiplicity of Assignable Causes" Journal of Quality Technology, Vol 23, No 3, pp 253-258, 1991
- [21] Kenneth C. Ho- Case E. "Economic Design of Control Charts A Literature Review for 1981-1991" Journal of Quality Technology, Vol 26, No 1, pp 39-51 1994
- [22] Alpugan O. "İşletme Bilimine Giriş" Derya Kitabevi Trabzon, 1996
- [23] "Türk Pamuk İpliği Sektörünün Güncel Durumu" İstanbul Tekstil ve Hammaddeleri İhracatçıları Birliği, Shf 3-12, Nisan 1995
- [24] "Türkiye Pamuk Raporu" İTKİB (İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği) AR-GE ve Mevzuat Şubesi Yayını, Shf 1-10, Eylül 1996
- [25] Luchinger H. "Quality Assurance in Yarn Production" Zellweger Uster SE 463 9/1989
- [26] Douglas K. "Off-Line Laboratory Testing in the Spinning Mill" Zellweger Uster SE 456 8/1989
- [27] Douglas K. - Hattenschwiler P. "High-Speed Yarn Hairiness Testing" Zellweger Uster SE 465 5/1989
- [28] El Magahzy Y. E. "Using Off-Line Quality Engineering in Textile Processing" TextileResearch Journal, Vol 62, pp 266-274,1992

- [29] Douglas K. "Uster Sliverdata for the Processes Prior to Spinning" Uster News Bulletin No 33 February 1986.
- [30] Douglas K. "On-Line Quality Supervision at the O.E. Rotor Spinning Machine With the Uster Polyguard Q-Pack Zell Weger" Uster SE 468. 1980
- [31] Grover E. B. - Hamby D. S. "Handbook of Textile Testing and Quality Control" Textile Book Publishers Inc. 1960
- [32] El Mogahzy Y. E. , Broughton R. and Lynch W. K. "A Statistical Approach for Determining the Technological Value of Cotton Using HVI Fiber Properties" Textile Research Journal, Vol 40, pp 495-500, 1990
- [33] Aggarwal S. K. and Subramanian T. A. "Prediction of Warp Breakage Rate in Weaving" Textile Research journal, Vol 40, pp 11-20, 1988
- [34] Thomas H. L. - Hines R. W. "New Yarn Testing Methods To Predict Warp Yarn Weaving Performance" ITB Yarn and Fabric Forming 2/1995
- [35] Simpson J. and Fiori L. A. "An Analysis of Carding and Processing Performance of Cotton/Polyester Blends" Textile Research Journal, October 1974
- [36] Behery H. M. El. "Multivariable Study of Spinning Performance and Yarn Quality" Textile Research Journal, pp 379-381, May 1971
- [37] Weissenberger W, Frick E "Process-Effective Quality Assurance in the Textile Production Chain From the Point of View of the Fabric to Yarn Relationship" Textile Praxis International, pp 241-248, April 1994
- [38] CSP Lee Ticari Geliştirme Bölümü IWS Geliştirme Merkezi "Kamgarn İplikçiliğinin Kalite Kontrol Hususları" Tekstil ve Teknik, Eylül, Ekim, Kasım 1992
- [39] Yazıcıoğlu T, Okur A. "Türkiyede Tekstil Test Laboratuvarlarının Durumu" Tekstil ve Mühendis, Yıl 6, Sayı 34, Ağustos 1992
- [40] Douglas K. "Kısa Lif İplikçiliğinde Üretim ve Kalite Veri Koleksiyonu" (Türkçe) Zellweger Uster ST 452 3. 1987
- [41] Dünya Ekonomi-Politika Gazetesi 28 Şubat 1997, Shf 4

ÖZ GEÇMİŞ

1950 Elazığ'da doğdu İlk ve orta öğrenimini Elazığ'da tamamladıktan sonra İ.T.Ü Makina Fakültesi Tekstil Opsiyonundan "İplik Düzgünsüzlüğünün Teorik ve Pratik Etüdü" isimli çalışması ile 1972 yılında Makina Yüksek Mühendisi ünvanı ile mezun oldu.

1972-1979 ve 1981-1991 Yılları arasında bursunu aldığı Sümerbank'a ve özel sektöre ait tekstil kuruluşlarında iplik ve dokuma şefliği, işletme müdürlüğü, teknik müdürlük gibi değişik görevlerde bulundu. 1979-1981 Yılları arasında o zamanki ismi ile Sakarya Mühendislik Mimarlık Akademisinde asistanlık görevinde de bulunan A. Baki Engin 1991-1993 Yılları arasında serbest çalıştı. Halen 1993 yılından beri Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır.

1976 Yılında Sümerbank'ta Çalışırken İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadı kısa dönem programını tamamladı. Çalışma hayatı boyunca muhtelif kurs ve seminerlere katıldı. Bunlar arasında iplik kalite kontrolü ile ilgili uster seminerleri, projektilli ve rapierli dokuma makinaları teknolojisi ve produktivitesi ile ilgili olarak İsviçre ve Almanya'da düzenlenen kurslar sayılabilir.

Evli ve üç çocuk sahibi olan A. Baki Engin İngilizce bilmektedir.