

22019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KALİTE KONTROLUNDA PARAMETRE ANALİZİ VE MARKOV ZİNCİRLERİNİN

KALİTE KONTROLU PROBLEMİNE BİR UYGULAMASI

DOKTORA TEZİ

Müşerref YÜKSEL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Şubat 1992

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Nisan 1992

Tez Danışmanı

: Doç. Dr. Cevdet CERİT

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof. Dr. Yılmaz TULUNAY

Doç. Dr. Aziz BENER

NİSAN 1992

İTÜ YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖNSÖZ

Doktora öğrenciliğim döneminde, eğitim ve öğrenimimde önemli katkıları olan tüm hocalarıma, tez aşamasında her türlü desteği sağlayan tez yöneticim Doç.Dr. Cevdet Cerit'e çalışmalarımıdaki değerli katkıları için teşekkür ederim.

Ayrıca, uygulama için gerekli verileri sağlayan Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. nin saygıdeğer yöneticilerinden Sayın Bülent Çiziroğlu'na, Sayın Hasan Uğur'a, Sayın Fehmi Dal'a, bilgisayar programlarının hazırlanmasında ve tezin yazılmasında yardımcı olan Nejat Dizdar'a ve Matematik bölümündeki tüm arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimle...

Müşerref YÜKSEL

İÇİNDEKİLER

NOTASYONLAR.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	x
ÖZET	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1 Kalite ve Kontrol Kavramlarının Anlamı.....	1
1.2 Kalite Kontrolü ve İstatistiksel Kalite Kontrolü.....	3
1.3 Kalite Kontrolunda Kullanılan İstatistiksel Yöntemler.....	4
1.3.1 Kontrol Diyagramları.....	5
1.3.2 Kabul Örneklemesi ve Kabul Örneklemesi Planları.....	6
1.4 Kalite Kontrolü Maliyetleri ve Sınıflandırılması.....	10
1.4.1 Koruma Maliyetleri.....	10
1.4.2 Ölçme ve Değerleme Maliyetleri.....	12
1.4.3 İşletme İçi ve İşletme Dışı Bozuk Mal Maliyetleri.....	14
1.5 Toplam Kalite Maliyeti.....	16
 BÖLÜM 2. OPTİMUM KALİTE MALİYETLERİ, SIFIR KUSUR KAVRAMI VE NET KÂRI MAKSİMİZE EDEN OPTİMUM KALİTE YOLU MODELİ.....	18
2.1 Optimum Kalite Maliyeti ve Sıfır Kusur Kavramı.....	18
2.2 Optimum Kalite Maliyetleri Modeli.....	20
2.3 Kaliteyi Geliştirme Süreçleri ve Bu Süreçlerin Karşılaştırılması.....	22
2.4 Kalite Maliyetlerinden Faydalananarak Sıfır Kusur Kavramının Analizi.....	23
2.5 $\pi(t)$ Net Gelirinin Maksimizasyonu.....	27
2.6 Talebin Sabit Olması Halinde Optimum Kalite Stratejisinin Belirlenmesi.....	31
 BÖLÜM 3. KAZANCIN OPTİMİZASYONUNA KALİTE KONTROL SÜRECİNDEN GELEN KATKILARIN KUYRUK TEORİSİ YARDIMI	

İLE İNCELENMESİ.....	34
3.1 Talebi Etkileyen Faktörler.....	34
3.2 Kalite Kontrol Örneklerinin Oluşturulması ve Kazancın Beklenen Değerini İfade Eden İlişkinin Formüle Edilmesi.....	35
3.3 Kayıp ve Kazanç Debileri.....	38
3.4 Varış ve Servis Debileri Lineer Olan Kuyruk Modelleri İçin Sistemde Bulunan Eleman Sayısının Beklenen Değerinin Bulunması.....	40
3.5 Kazancın Beklenen Değerinin Maksimum Kılınabilmesi Amacıyla $P(y \leq r)$ nin ve Buna Bağlı Olarak r Değerinin ve p Kusurlu Oranının Optimumunun Belirlenmesi.....	43
 BÖLÜM 4. STOKASTİK SÜREÇLER TEORİSİNİN ÜRETİM SÜRECİNE UYGULANMASI.....	
4.1 Üretim veya Talep Miktarındaki Değişimin Stokastik Süreçler Teorisi ile Açıklanması.....	51
4.2 Δt Süresinde Üretim Miktarında Meydana Gelen Bir Birimlik Azalma ve Artma Olaylarına Ait Olasılıkların Oluşturulması.....	52
4.2.1 Üretim Miktarındaki Bir Birimlik Değişimin Doğum ve Ölüm Zinciri ile Açıklanması.....	55
4.3 Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. ne Ait Üretim Miktarı Verilerinin Doğum ve Ölüm Zincirine Uygulanması.....	58
4.3.1 Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. Hakkında Genel Bilgi.....	58
4.3.2 Uygulama İçin Seçilen Ürünler ve Nitelikleri	60
4.3.3 DIII Sigorta Buşonları ile İlgili Veriler...	61
4.4 DIII Sigorta Buşonları ile İlgili 1976-1986 Dönemine Ait Verilerin Analizi.....	63
4.4.1 Üretim Miktarındaki Bir Birimlik Azalma ve Artmaya Etki Eden Parametrelerin DIII Sigorta Buşonları İçin Tanımlanması.....	65
4.4.2 α , δ , θ , σ , β Parametrelerinin Değişim Aralıklarının Belirlenmesi.....	67
4.4.3 α , δ , θ , σ , β Parametrelerinin Olasılık Yoğunluk Fonksiyonlarının Bulunması.....	71
4.5 Parametrelerin Alacağı Değerlerin Simülasyonla Bulunabilmesini Temin İçin Geliştirilen Bilgisayar Algoritması.....	75
4.6 Δt Süresinde Gerçekleştirilen Üretim Miktarının Araştırılması.....	77
4.7 Doğum-Ölüm ve $P_{x_1}(T_a < T_b)$ Olasılıklarının Üretim Miktarındaki Artma ve Azalma Sürelerine Göre Hesabı.....	80
4.7.1 Doğum-Ölüm ve $u(x_1)$ Olasılıklarının Hesaplanması İçin Geliştirilen İlk Yöntem.....	83
4.7.2 Doğum-Ölüm ve $u(x_1)$ Olasılıklarının Hesaplanması İçin Geliştirilen İkinci Yöntem.....	86
4.7.2.1 Üretim Miktarında Artışın Gözlemlendiği Dönemler	

İçin Birinci ve İkinci Dereceden Trend Denklemleri ve Standard Hataları.....	86
4.7.2.2 Üretim Miktarında Azalmanın Gözlendiği Dönemler İçin Birinci ve İkinci Dereceden Trend Denklemleri ve Standard Hataları.....	88
4.7.3 $u(x_i)=P_{x_i}(T_a<T_b)$ Olasılıklarının Hesaplanması	89
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	92
KAYNAKLAR.....	96
EKLER.....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	121



NOTASYONLAR

- $q(t)$: t anındaki kalite seviyesi, $0 \leq q(t) \leq 1$.
- $C_1[q(t)]$: $q(t)$ kalite seviyesindeki bir birim ürünün işletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyeti.
- $C_2[q(t)]$: $q(t)$ kalite seviyesindeki bir birim ürünün koruma ve ölçme-değerleme maliyeti.
- $C_{12}[q(t)]$: toplam kalite maliyeti.
- $\pi(t)$: firmanın t anındaki net geliri.
- $P[q(t)]$: $q(t)$ kalite seviyesindeki ürünün birim satış fiyatı.
- $C_3(t)$: bir birim ürünün kalite ile ilgili maliyetler hariç olmak üzere imalat maliyeti.
- $z(t)$: üretilen malın kalitesine de bağlı olmak üzere t anına kadar edinilmiş toplam deneyim.
- $z(0)$: $t=0$ anında, yani işin başlangıcında sahip olunan deneyim.
- $q(\tau)$: τ anında üretilen ürünün kalitesinin seviyesi.
- $h(\tau)$: τ nın artan bir fonksiyonudur. Bir iskonto faktörü olarak görev yapar.
- $a_1(t)$: işletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyetlerinde teknolojik gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan azalmayı temsil eden, azalan konveks bir fonksiyon.
- $a_2(t)$: ölçme-değerleme ve koruma maliyetlerinde teknolojik gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan azalmayı temsil eden azalan konveks bir fonksiyon.
- $b_1[z(t)]$: kalite ile ilgili bilgi birikimine bağlı olarak işletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyetlerinde ortaya çıkan azalmayı temsil eden, azalan konveks bir fonksiyon.

$b_2[z(t)]$	: kalite ile ilgili bilgi birikimine bağılı olarak ölçme-değerleme ve koruma maliyetlerinde ortaya çıkan azalmayı temsil eden, azalan konveks bir fonksiyon.
$D[q(t)]$	: $q(t)$ kalite seviyesindeki ürünün oluşturduğu talep miktarı.
$\varphi(T)$	: T uzunluğundaki planlama dönemi sonunda elde edilecek toplam gelirin bugünkü değeri.
$X(t)$	: t süresinde $q(t)$ kalite seviyesindeki üretim miktarı.
α	: ürünü kötü görüp tekrar satın almaktan vazgeçenlerin oranı.
δ	: tercihini başka ürünlere yönelten tüketicilerin oranı.
θ	: reklam, satıcı itibarı, garantiler, iyi servis ve alıcıların rakip firmalardan söz konusu firmaya yönelmeleri sonucu talepteki, dolayısıyla üretim miktarındaki artış oranı.
σ	: sağlam ürünü kullanıp memnun kalan tüketicilerin etkisiyle kazanılan yeni müşterilerin oranı.
β	: muhtelif söylentilere paralel olarak ürünü satın almaktan vazgeçenlerin oranı.
p	: üretilen mamuller içindeki kusurlu oranı.
$f(p)$	: p nin olasılık yoğunluk fonksiyonu.
A	: nihai kontrole tabi tutulan ürünün toplam ürün içindeki oranı, $0 < A \leq 1$.
A_x	: nihai kontrolden geçirilen ürün sayısı.
$C_1[q(t)]$	: bir birimin kontrolü için yapılan harcama.
$C_s[q(t)]$	: nihai kontrolden geçmeden piyasaya sürülen bir birimin neden olduğu zarar.
r	: örnekteki kabul edilebilir bozuk mal sayısının üst sınırı.
y	: örnekteki kusurlu ürün sayısı.
$\pi_1(t)$	: t anında bir adet ürünün satışından elde edilen gelir.

- $C_k[q(t)]$: $q(t)$ kalite seviyesine bağlı olarak ortaya çıkan işletme içi bozuk mal maliyeti.
- $C_e[q(t)]$: $q(t)$ kalite seviyesindeki bir birim ürün için nihaî kontrol maliyeti hariç, diğer lme-değerleme ve koruma maliyetidir.
- μ : bir tek ürüne bağlı olarak ortaya çıkacak olan kayıp debisi.
- λ : bir tek ürüne bağlı olarak ortaya çıkacak olan kazanç debisi.
- p_x : sistemin x durumundan $x+1$ durumuna geçmesinin olasılığı, $p_x=P(\Delta x=+1)$.
- q_x : sistemin x durumundan $x-1$ durumuna geçmesinin olasılığı, $q_x=P(\Delta x=-1)$.
- r_x : $r_x=1-p_x-q_x$, $r_x=P(\Delta x=0)$.
- $P(x,y)$: geçiş olasılık fonksiyonu.
- $u(x)$: $u(x)=P_x(T_a < T_b)$, x de bulunan sistemin a ya b den önce varmasının olasılığı.
- T_a : a durumuna ilk varış zamanı.
- T_b : b durumuna ilk varış zamanı.

ŞEKİLLER

BÖLÜM 2

Şekil 2-1	: Juran'ın optimum kalite maliyetleri modeli.....	20
Şekil 2-2	: İki iyileştirme sürecinin karşılaştırılması.....	23

BÖLÜM 3

Şekil 3-1	: $\sigma-\delta>0$ için p ile $E[\pi(t)]$ arasındaki ilişki.....	49
Şekil 3-2	: $\sigma-\delta<0$ için p ile $E[\pi(t)]$ arasındaki ilişki.....	50

BÖLÜM 4

Şekil 4-1	: $p(\alpha)$ nın bir histogram formunda temsili.....	73
Şekil 4-2	: Simülasyonla sayısal değer üretimi için kümülatif dağılım fonksiyonu....	76
Şekil 4-3	: Verilerin tamamından geçen oskülasyon polinomu.....	78
Şekil 4-4	: Üçlü kombinasyonların oskülasyon polinomu.....	79
Şekil 4-5	: $(\Delta t, x(\Delta t))$ ilişkisinin iki noktadan geçen oskülasyon polinomları yardımı ile incelenmesi.....	80

TABLÖLAR

BÖLÜM 4

Tablo 4-1	: D sigorta buşonları için kusurlu oranları.....	62
Tablo 4-2	: Kaleporselen Elektroteknik A.Ş. de DIII sigorta buşonlarının yıllık üretim miktarları.....	62
Tablo 4-3	: Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. de 1976-1986 döneminde üretilen DIII sigorta buşonları ile ilgili verilerin dökümü.....	64
Tablo 4-4	: Kabul edilebilir kalite sınırı numune alma tablosu.....	66
Tablo 4-5(a):	$p=4.0$, $KKS=0.40$ için α , δ , θ , σ , β parametrelerinin değişim aralıkları.	70
Tablo 4-5(b):	$p=5.0$, $KKS=0.40$ için α , δ , θ , σ , β parametrelerinin değişim aralıkları.	71
Tablo 4-6	: Parametrelerin simülasyonla bulunan değerleri.....	77
Tablo 4-7	: Kaleporselen Elektroteknik A.Ş. de DIII sigorta buşonları için tahmin edilen ve gerçekleşen üretim miktarları.....	82
Tablo 4-8	: Kaleporselen Elektroteknik A.Ş. de DIII sigorta buşonlarının Δt için tahmin edilen ve gerçekleşen üretim miktarları.....	82
Tablo 4-9	: $p=4.0$, $KKS=0.40$ iken, x in muhtelif aralıklar üzerindeki değişimine paralel olarak $u(x)$ in sergilediği değişim (birinci yöntem).....	84
Tablo 4-10	: Δt_i sürelerinin ve $x(\Delta t_i)$ üretim miktarlarının sınıflandırılması.....	86

Tablo 4-11 : $p=4.0$, $KKS=0.40$ iken, x in muhtelif aralıklar üzerindeki değişimine paralel olarak $u(x)$ in sergilediği değişim (ikinci yöntem).....	90
---	----



ÖZET

Günümüzde mamul yapısının ve imalât yöntemlerinin arz ettiği karmaşık yapı ve üretim miktarlarının büyüklüğü, kalite problemi, sonuç itibariyle de kalite kontrol olayı üzerinde dikkatlerin odaklanmasına neden olmaktadır.

Rekabetin giderek artması, kalite unsurunun bu sahada ürüne güç katması, kalitenin itici bir güç olarak ortaya çıkmasında kalite kontrolünün önemli bir rol oynaması; sonuçta kalite kontrol faaliyetlerinin öneminin hızla artmasına neden olmuştur. Kalite kontrolü, doğal olarak beraberinde kalite maliyeti problemini getirmektedir. Bu çalışmada kalite kontrol maliyetlerinden faydalanarak, kalite kontrolü problemine bazı yeni bakış açılarının kazandırılması amaçlanmaktadır.

Bölüm.1 de konuyla ilgili temel kavramlar açıklanmış, kalite kontrol maliyetlerinin toplam kalite maliyeti içindeki yeri ve önemi vurgulanmıştır.

Bölüm.2 de, toplam kalite maliyetini minimum kılacak bir $q_0(t)$ kalite seviyesinin bulunabileceği gerçeği ifade edilmiş, firmanın net geliri kalite kontrol maliyetleri cinsinden formüle edilmiştir. t anında firmanın net gelirini gösteren $\pi(t)$ fonksiyonunun maksimize edilebilmesi için izlenmesi gereken kalite yolu araştırılmıştır.

Bölüm.3 de, $\pi(t)$ net geliri bir birim ürünün kontrol maliyetinin ve piyasaya intikal eden bozuk malların maliyetinin de dikkate alınmasını sağlayacak tarzda yeniden formüle edilmiş, üretilen malın tamamının satıldığı varsayılıp, talebe olumlu yönde katkıda bulunan faktörler kazanç (varış), olumsuz yönde katkıda bulunan faktörler kayıp (servis) olarak vurgulanıp, probleme bir kuyruk problemi olarak bakılabilmesi sağlanmıştır. p kusurlu oranını ve örnekteki kabul edilebilir r adet bozuk mal sayısını dikkate alarak kazancın beklenen değeri ve parametrelerin alacağı muhtelif değerlere göre $E[\pi(t)]$ nin izleyeceği yol incelenmiştir.

Bölüm.4 de, Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. de üretilen DIII sigorta buşonlarının 1976-1986 yılları arasında gerçekleştirilen üretim miktarları veri olarak kullanılıp, Bölüm.3 de geliştirilen modelin parametrelerinin müteakibillerinin analizi yapılmış, kümülatif fonksiyonları oluşturulmuştur. Üretim miktarının muhtelif aralıklar üzerindeki hareketi, bu aralıklara ait noktaların gerçekleşmesi olasılıkları vasıtasıyla incelenmiştir.

PARAMETER ANALYSIS IN QUALITY CONTROL AND AN APPLICATION OF MARKOV CHAINS TO A QUALITY CONTROL PROBLEM

SUMMARY

Statistical methods and several other techniques improved in relation with these methods are used widely in industry and in industrial quality control. The complexity of the structure of the product and the production methods of today and the hugeness of the amount of the production have caused us to focus our attention on the problem of quality control and quality concepts.

The increase in competition and the importance of the support of the quality of the product in this area, the role of the quality control as for a supportive element in quality have increased the importance of quality control activities. With the problem of quality control the problem of quality control costs have arisen naturally. Our aim in this work is to add some new perspectives to the analysis of the quality control costs problems. The problem of the optimization of the income of the firm by using the quality costs as inputs and surveys realized on the optimum quality path were investigated by formulating the problem as a problem of calculus of variations and solving it with the aid of some techniques involving the concept of quality control. The problems of an increase or a decrease in the amount of production in a sufficiently small interval Δt and the changes observed in the amount of production on several intervals are formulated as birth and death chains and investigated by means of the techniques Markov chains provide.

In Chapter One, basic concepts related to the topic were explained, the role and the importance of the quality control costs in total quality cost was determined.

In Chapter Two, optimum quality costs and the zero defects concept were explained. The investigations on the

analysis of zero defects concept were briefly summarized. In the investigations concerning zero defects concept, total quality cost has been used as a starting point and this approach was called as the traditional approach. Total quality cost ($C_{12}[q(t)]$) which depends on the variable quality level of the product $[q(t)]$ was expressed as a function of quality costs. It is assumed that the accumulation of knowledge concerning quality ($b_1[z(t)]$ and $b_2[z(t)]$) and the technological advancements in this field ($a_1(t)$ and $a_2(t)$) will decrease the internal and external failure costs ($C_1[q(t)]$) and prevention and appraisal costs ($C_2[q(t)]$) per unit of the product at quality level $q(t)$, ($0 \leq q(t) \leq 1$). The costs in question are expressed as

$$C_1(q, t) = a_1(t) b_1[z(t)] C_1[q(t)].$$

$$C_2(q, t) = a_2(t) b_2[z(t)] C_2[q(t)].$$

The net income $\pi(t)$ of the firm at time t was formulated as

$$\begin{aligned} \pi(t) = & \{P[q(t)] - a_1(t) b_1[z(t)] C_1[q(t)] - \\ & - a_2(t) b_2[z(t)] C_2[q(t)] - C_3(t)\} D[q(t)] \end{aligned}$$

and the best of the paths which are available for $q(t)$ was explored by maximizing $\pi(t)$. $P[q(t)]$ is the price per unit of the product at $q(t)$ quality level. $C_3(t)$ is the production cost per unit of the product except the costs concerning quality. $D[q(t)]$ is the amount of the demand at $q(t)$ quality level.

A functional given below was defined in order to use in maximization of $\pi(t)$,

$$\varphi(T) = \int_0^T e^{-rt} \pi(t) dt.$$

$\varphi(T)$ is the present value of the total income which is supposed to accumulate at the end of a planning period of T , $\pi(t)$ is the net income at time t and r is the discount factor. It is necessary to optimize $\varphi(T)$ in order to optimize $\pi(t)$. If the necessary condition which is formulated under the name of Euler equation for a functional to have an extremum is applied to $\varphi(T)$, we get the following result:

$[q^*(t)]'$ is non-negative if and only if $(d/dt)(C_1 D) \geq 0$.

This means that the net profit $\pi(t)$ of the firm will keep on increasing as the quality level $q(t)$ increases as long as $(d/dt)(C_1 D) \geq 0$. The problem was also investigated when the demand is constant and it is found that as long as $u_1 + u_2$ is smaller than $v_1 + v_2$ the best strategy is to increase the level of quality. Here $u_i = a'_i b_i(z) C'_i$ and $v_i = h a_i b'_i(z) * (C_1 - q C'_i)$, $(i=1,2)$.

In Chapter Three, it is assumed that the most important of the factors which determine the demand is the product's quality which has a varying character in time and the amount of production is determined only by the amount of demand. It is also assumed that the production is equal to the demand, that is $D[q(t)] = X(t)$. The other factors in the determination of the demand are listed below:

- consumers who have used faulty products and decide not to repeat purchase,
- consumers who have switched to other products,
- consumers who have been affected by advertising, seller reputation, warranties, servicing reputation and switched from competitors to this firm,
- consumers who have been affected by those customers who have used products free from defects,
- consumers who have decided not to repeat purchase due to negative word-of-mouth effect,

The effects of these factors to the problem are reflected by the symbols α , δ , θ , σ and β respectively.

The rate of defective items p is considered as a random variable and it is assumed that Ax of the product, whose amount is x , has been the subject of the final control; A is the rate of product which has been the subject of the final control in the total product and $0 < A \leq 1$. In this chapter, the net profit of the firm is reformulated by

considering the cost of control of one unit of product ($C_i[q(t)]$) and the loss caused by one unit of product ($C_s[q(t)]$) which has not been the subject of the final control. If the number of defective items in Ax items which were inspected is less than a predetermined number r , it is assumed that the level of a desirable quality is attained and the whole lot except those found defective in the sample is sold. If the number of defective items exceeds r , the whole lot is inspected, the defective ones are discarded and the non-defective ones are sold. If $C(x, p)$ is regarded as the inspection cost of x units, when the rate of defective is p , the inspection cost can be formulated as

$$C(x, p) = \begin{cases} Ax C_i + (x - Ax) p C_s, & y \leq r \\ x C_i, & y > r \end{cases}$$

Let $\pi_1(t)$ be the income obtained from the sale of a product, then the income obtained from the sale of a product can be formulated as

$$\pi_1(t) = P[q(t)] - C_k[q(t)] - C_e[q(t)] - C_3(t).$$

$C_k[q(t)]$ is the internal failure costs per unit of the product arising due to the quality level and

$$C_k[q(t)] = C_1[q(t)] - C_s[q(t)]$$

$C_e[q(t)]$ is the prevention and appraisal costs except inspection cost per unit of the product at $q(t)$ quality level and

$$C_e[q(t)] = C_2[q(t)] - C_i[q(t)]$$

The net profit of the firm at time t will be formulated as

$$\begin{aligned} \pi(t) &= \pi_1(x - Ax p) - [Ax C_i + (x - Ax) p C_s], & y \leq r \\ &= \pi_1 x (1 - p) - x C_i, & y > r \end{aligned}$$

and its expected value as

$$E[\pi(t) | p] = E[x(t)] \{ [\pi_1(1-Ap) - [AC_i + (1-A)pC_s]] P(y \leq r) + \\ + [\pi_1(1-p) + C_i] P(y > r) \}.$$

The firm in question may lose or gain a customer in unit time. The losses may be due to the dissatisfactions caused by faulty products or to the tendency which exists in the nature of human beings of switching to different products serving to the same purpose. Let α and δ be the parameters representing the affects of these two actions. In the field determined by these assumptions the rate of loss which will occur for one product may be formulated as

$$\mu = \alpha(1-A)pP(y \leq r) + \delta(1-p).$$

The gain which is a combination of the actions symbolized by the parameters θ , σ and β will form the base for formulating the rate of gain for one product as

$$\lambda = \theta + \sigma(1-p) - \beta(1-A)pP(y \leq r).$$

If we consider the rate of gain as rate of arrival and the rate of loss as rate of service, then we can formulate the problem as a linear queuing problem and make use of the results already obtained in this field. The expected value of the amount of the product manufactured by this firm at time t , in other words the share of the firm in the market as far as this product is concerned will be obtained in term of the parameters α , δ , θ , σ and β as

$$E[x(t)] = i * \exp\{ [\theta + (\sigma - \delta)(1-p) - \\ - (\alpha + \beta)(1-A)pP(y \leq r)] t \}.$$

In the case for p having a degenerate probability density function the expected value of the profit is formulated as

$$E[\pi(t)] = i[(1-A)(\pi_1 p + C_i - p C_s) v + \pi_1(1-p) - C_i] * \\ * \exp\{[\theta + (\sigma - \delta)(1-p) - (\alpha + \beta)(1-A)pv] t\}.$$

Here $v = P(y \leq r)$.

The optimum value of r which is the upper boundary for the faulty products in the sample is investigated for the cases where $v=0$ or $0 < v < 1$ or $v=1$ in order to maximize the expected value of the profit. If $\sigma - \delta < 0$ then the optimum value of p is

$$p^* = 1 - \frac{1}{\pi_1} \left[C_i - \frac{\pi_1}{(\sigma - \delta)t} \right].$$

For p^* , $E[\pi(t)]$ will be maximum.

In Chapter Four birth and death probabilities of a linear queuing chain were related to the birth and death rates of Chapter Three as

$$p_x = \theta \Delta t + \sigma(x - xp) \Delta t - \beta(x - n) p P(y \leq r) \Delta t.$$

$$q_x = \alpha(x - n) p P(y \leq r) \Delta t + \delta(x - xp) \Delta t.$$

and the probability of having no occurrence as

$$r_x = 1 - p_x - q_x$$

when the share of the firm in the market is x , the probability of decreasing to a share a before increasing to a share b is formulated as

$$u(x) = P_x(T_a < T_b) = \frac{\sum_{y=x}^{b-1} \Gamma_y}{\sum_{y=a}^{b-1} \Gamma_y}, \quad a \leq x < b$$

Here $u(a)=1$, $u(b)=0$, $\Gamma_{v-1}=1$ and

$$\Gamma_y = \frac{q_v \cdot q_{v+1} \cdots q_y}{p_v \cdot p_{v+1} \cdots p_y}, \quad v-1 < y < d.$$

For an application of the theoretical knowledge expressed in Chapter Three and Chapter Four the data about DIII fuse links produced by Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. during the period 1976-1986 were used. By means of these data the probability density functions for the parameters α , δ , θ , σ and β were obtained. The values of these parameters are determined by means of simulation and used in $u(x)$.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1 Kalite ve Kontrol Kavramlarının Anlamı

Teknolojinin hızlı gelişimi, nice unsurların yanı sıra kalite, kontrol ve kalite kontrol kavramlarının da ön plana çıkmasına, üretim olgusunun olmazsa olmaz öğeleri konumunu kazanmasına neden olmuştur. 19. asrın ilk yıllarından itibaren sanayi çağına geçilmeye başlanmış, teknolojik gelişmeler rekabet ortamını kızıştırmış, kızışan rekabet ortamı teknolojik gelişmelere ivme kazandırmıştır. Rekabetin artması daha ucuz, daha kaliteli mamuller üretmek için sanayicileri yeni arayışlara zorlamış, kalite kontrolünün önemini giderek artırmıştır.

Kalite kavramı tek boyutlu bir kavram olmayıp gerek günlük yaşamımızda ve gerekse bilimsel platformlarda yapılan tartışmalarda üzerine muhtelif anlamlar yüklenmiş olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir ürünün kaliteli olmasından söz eden bir kimse fiyatının yüksekliğini ima ediyor olabileceği gibi dayanıklı olduğunu veya performansının son derece yüksek olduğunu da ima ediyor olabilir. Kalitesi ve fiyatı yüksek bir ürün, kalitesiyle bağdaşmayacak amaçlar için kullanılıyorsa, aynı işi kalitesi ve fiyatı daha düşük bir başka ürünle görmek mümkünse ilkinin yeterince kaliteli olduğunu söylemek doğru bir değerlendirme olmaz. Bir ürünün kalitesini geliştirmekten söz ederken de benzeri gelişmeler ortaya çıkar. Çapı 50 mm olan bir mil ± 0.05 mm toleransla bir işi görürken, tolerans limitlerini ± 0.005 mm ye indirmek ve bu iş için yatırım yapmak hiç de akıllıca bir iş değildir. Kalitesi ve fiyatı yüksek bir ürünün yerini, kalitesi ve fiyatı düşük bir başka ürün tutabiliyorsa ikincisi birincisine tercih edilecek, birincisi için "kaliteli bir üründür" demeye devam edilemeyecektir. Bu çerçevede

kaliteyi "amaca uygunluk derecesi"[1] olarak tanımlamak yerinde olacaktır.

Kontrol kelimesi,

1. Bir işin doğru ve yönetimine uygun olarak yapılıp yapılmadığını inceleme, denetim,
2. Bir şeyin gerçeğe ve aslına uygunluğuna bakma,

anlamlarına gelmektedir. Buradan anlaşılacağı gibi bir amaç, bir iş ve bu amacın veya işin nasıl, ne zaman ve hangi araçlarla kimler tarafından yapılacağı ve sonucunun ne olacağı hedeflenmeden, yani bir plan yapılmadan kontrol yapılamaz. Kontrol, tasarılarımızın veya planlarımızın gerçekleşip gerçekleşmediğinin bir ölçüsüdür. Kontrol, bazen ürünü bizzat kullanıp sonuçlarını yorumlama şeklinde, bazen de bir aygıt kullanılarak ölçümler yoluyla yapılabilir. Şu halde herhangi bir faaliyetin kontrolü için temel fonksiyonları,

1. Çalışmanın yapılacağı konuda tespit edilmiş kuralların bulunması, yani standartların inşa edilmesi,
2. Standartlarla gerçek sonuçların karşılaştırılması,
- 3 Düzeltici faaliyetler,

şeklinde sıralayabiliriz[2].

Kalite, yönetimin temel sorumluluklarından biri olmalıdır. Üretilen hizmet veya ürünlerin kalite seviyesi organizasyonu olumlu veya olumsuz yönde etkileyeceğinden, kalite seviyesinin korunması veya düzeltilmesi için kontrolünün yapılması kaçınılmazdır. Şu halde kalite bir süreç, ürün veya hizmetin ölçülebilir bir karakteristiğidir. Kontrol edilebilmesi için ölçülebilir olması gerekir. Yani bu karakteristiklerin çeşitli seviyeleri sayısal değerlerle ölçülebilmeli veya sayısal değerlere dönüştürülmesi mümkün olmalıdır[2].

1.2 Kalite Kontrolü ve İstatistiksel Kalite Kontrolü

Kalite kontrolü, amacı yerleşmiş kalite standartlarını gerçekleştirmeyi sağlamak olan, kalitatif ve kantitatif faktörleri ihtiva eden çalışmalar topluluğudur. Burada kalitatif faktörler ile kastedilen şey, iyi çalışma koşulları, iyi eğitilmiş elemanlar, vb. dir. Kalite kontrolüne yardımcı olan kantitatif faktörleri ihtiva eden teknikler, istatistiksel kalite kontrolünün çalışma sahasına girer[2].

Bir mamulün üretiminde genel olarak üç aşamalı bir kalite kontrol problemi söz konusudur[3]. Bu aşamalar,

1. Hammadde veya yarı mamul maddelerin kalitesinin kontrolü ya da üretim öncesi kontrol,
2. Çok miktarda kusurlu mal üretilmemesi veya üretim işlemi süresince meydana gelebilecek arızaların önlenmesini ve kusurların azaltılmasını amaçlayan işlem kontrolü,
3. Üretim işlemi sonunda ortaya çıkan mamullerin kontrolü. Bu safhada, üretici ve tüketici arasındaki ilişkilerin gelişmesi ve müşteri güveninin sağlanması amaçlanır.

Bir mamul veya hizmetin dizaynının tüketici gereksinimleri, istek ve şikayetleri doğrultusunda yapıldığını düşünürsek kalite kontrolünü, yukarıda belirtilen üç aşama ile birlikte, bu döngü içerisinde devam eden bir faaliyetler topluluğu olarak nitelendirebiliriz.

Ölçülen kalitenin standartlara uygunluğunun, üretim sürecinin önceden belirlenmiş tolerans sınırları içinde seyrine devam edip etmediğinin araştırılmasında istatistik disiplininin üstlendiği rol, kalite kontrolünün çağdaş anlamını istatistiksel yöntemler sayesinde kazanmasını sağlayacak kadar büyüktür. İstatistiksel kalite kontrolü, operasyonun her aşamasında standartlara uygunluğun en ekonomik

yoldan sağlanması amacıyla devreye sokulan istatistik tekniklerin bir bütünüdür[2].

İstatistiksel kalite kontrolü ya üretim esnasında kontrol veya nihai ürünün kontrolü şeklinde karşımıza çıkar. İstatistik teorisinin sunduğu hizmetlerden yararlanarak çekilen örnekten sağlıklı bilgilerin edinilebilmesini mümkün kılar. İstatistiksel metodlar ekonomik açıdan da avantajlar sağlarlar[4].

1.3 Kalite Kontrolunda Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

Kalite kontrolunda matematiksel yöntemleri kullanmanın aşağıdaki avantajları vardır[4]:

1. En etkili, dolayısıyla en ekonomik süreç kontrolünün ve nihai kabul muayenesinin ortaya çıkmasına imkân hazırlar,
2. Ürünlerin kalitesinin artmasına ve ünlformluk kazanmasına katkıda bulunur,
3. Teknolojik prosedürlerin ve donanımın gelişmesi ve denetlenmesinde rol alır.

Üretim işlemi bir zaman diliminde gerçekleşmekte ve süreç, uygun görülen aşamalarda ve zamanlarda kontrole tabi tutulmaktadır. Mamul kontrolu ise önceden belirlenmiş bazı esaslar dahilinde gerçekleştirilmektedir. Gerek üretim ve gerekse kontrol teknikleri zaman içerisinde, çoğu kez de baş döndürecek bir hızda olmak üzere, değişiklikler göstermektedirler. Zaman içinde değişen sistemlerin matematik modelleri stokastik süreçler olarak bilinmektedir[5]. Şu halde kalite kontrolu bir stokastik süreç olarak ele alınıp değerlendirilebilir. Ayrıca, karar teorisi ve kuyruk teorisi gibi kantitatif tekniklerle de kalite kontrol problemleri incelenebilir.

Genel olarak kalite kontrol faaliyetlerinde uygulanan

istatistiksel teknikler iki ana grup altında toplanmaktadır:

1. İşlem kontrolü süresince uygulanan KONTROL DİYAGRAMLARI,
2. Mamul kontrolunda uygulanan KABUL ÖRNEKLEMESİ.

1.3.1 Kontrol Diyagramları

Üretim sürecinin bozulmaya yüz tuttuğunu, kusurlu mamul üretimi gerçekleşmeden önce kestirebilmek mümkün olabilir. Sürecin trendini ve diğer değişiklikleri algılamak suretiyle, sürecin gelişimini etkileyip kusurlu mamul üretiminin önüne geçilebilmesi imkân dahilindedir[4].

Süreç kontrolü genellikle kontrol diyagramları vasıtasıyla yapılır. Üretim esnasında muntazam aralıklarla seçilen örneklerin karakteristikleri kontrol diyagramları üzerinde işaretlenir. Kontrol diyagramları, örnek üzerine uygulanacak istatistiksel testin neticesinin doğrudan doğruya görülebilmesini mümkün kılacak tarzda oluşturulurlar. Ayrıca tüm sürecin dinamik bir denetimine imkân sağlarlar. Kontrol diyagramları çekilen örneklerden edinilen bir dökümantasyon olarak düşünülebilir ve üretim sürecinin gözden geçirilmesinin gerektiği zamanlarda tekrar tekrar kullanılabilir[4].

Ekonomik kayıplar ve zaman kayıplarının önlenmesi için bir süreçteki değişimin sebepleri aranırken, gözle görülebilen arızaları düzeltmek gerekir. Kontrol sınırları içinde kalması kaydıyla, sürecin tesadüfî sebeplerle değişmesi doğal bir olay kabul edildiğinden, bu sebepleri arayıp bulmak olanaksız ve aynı zamanda gereksizdir. Ancak üretim işlemi özel bir nedenin olumsuz etkisi altında ise mamulün kalitesi tolerans sınırlarının dışına çıkar. Bu durumda özel nedenin bir an önce bulunup ortadan kaldırılması gerekir[6].

Kontrol diyagramları ile aşağıdaki iki tip hata dengelenerek işlemin kontrol altına girmesi sağlanmalıdır:

1. Varolmadığı halde özel sebep aranması,
2. Özel bir problem varken, bu problemin farkedilmemesi veya problemin ortadan kaldırılması için anında harekete geçilmemesi.

Bu iki tip hatanın dengelenmesi ile zaman kayıpları ve ekonomik kayıplar önlenmiş olacağından, üretim işlemi kontrol altında sürdürülebilir.

Kontrol diyagramları çeşitli durumlar için çizilmekle birlikte, genel olarak iki kategoriye ayrılabilir:

1. Ölçmeler için kontrol diyagramları,
2. Özelliklere göre çizilen kontrol diyagramları.

Ölçmeler için kontrol diyagramları, sürekli veya süreksiz değişkenlere göre, başka bir deyişle meydana gelen sürekli veya süreksiz olayların istatistiksel dağılımına göre çizilen kontrol diyagramlarıdır.

Yığındaki veya örnekteki sağlam-bozuk, kusurlu-kusursuz gibi sıfatlar özellikleri belirtir. Özelliklere göre çizilen kontrol diyagramları; yığın veya örnekteki kusurlu parça yüzdesi, ortalama kusur sayısı gibi vasıflar için çizilen diyagramlardır.

1.3.2 Kabul Örnekleme ve Kabul Örnekleme Planları

İstatistiksel kalite kontrol tekniklerinin ikinci bölümü, kabul örnekleme ve kabul örnekleme planlarıdır.

Kabul örneklemesinin amacı, yığından alınan bir örnek grubunun incelenerek yığındaki birimlerin üretimden önce tasarlanan kalite düzeyine uyup uymadığının tespit edilmesi

veya örnekteki birimlerin incelenmesi ve inceleme sonuçlarının yığın için genelleştirilerek, yığının özellikleri hakkında karar vermek için yararlanılan bir tahmin metodunun oluşturulmasıdır.

Üretilen mallar partiler halinde incelemeye tabi tutulur. Yığındaki birimlerin incelenmesi işlemine muayene (inspection) işlemi denilir. İki tür muayene işlemi vardır[6]:

1. %100 muayene veya yığındaki birimlerin tek tek incelenmesi işlemi,
2. Örneklemeye yöntemi ile muayene.

%100 muayene, az sayıda ve tahribatlı olmayan birimlerden oluşan yığınlar için maliyet faktörü de göz önünde bulundurularak yapılabilir. Bu yöntem büyük miktarlardan oluşan yığınlar için geçerli değildir. %100 muayenede birimler, sağlam veya kusurlu olarak ayrılır. Üretilen birimlerde aranan kalite spesifikasyonlarının tümü üzerinde durulmadığından hatalı olan bir parça da sağlam olarak ayrılabilir. Ayrıca tek tek muayene yapan kişilerin yorgunluğu dikkat kaybına yol açar ve sağlam parçalar arasına kusurlu parçaların karışması olasılığı artar.

Yukarıdaki sebeplerden ötürü, büyük sayıdaki yığın hakkında karar verilirken örneklemeye yönteminin kullanılması daha elverişlidir. Örneklemeye tesadüfi olarak yapılırsa kararlar daha isabetli olur. Tesadüfi örneklemeye, yığındaki birimlerin aynı koşullar altında, yani her birine eşit seçilme şansı sağlanacak şekildeki seçimine dayanır. Tesadüfi seçim için, tesadüfi sayılar tablosundan da faydalanılabilir. Yığındaki birim sayısı az ise kur'a usulü ile de çekim yapılabilir. Örneklemeye daha çok sayıda spesifikasyonun kontrolü mümkün olduğu gibi, bazı istatistik göstergeler yardımı ile aşırı sapmalara neden olan hata kaynaklarını zamanında bulma olasılığı da yüksektir[1]. Örneklemeye muayenesi yapılırken hiç kusurlu parça ihtiva etmeyen bir

parti bulmak neredeyse mümkün olamayacağından, böyle bir parti aranmamalıdır. Bundan dolayı, muayeneden önce, partilerde hoşgörüle karşılanabilecek bir kusurlu parça oranının, yani parti toleransının saptanması gerekir.

Kabul örnekleme, tüketici ve üreticiye fayda sağlayan bir yöntemdir. Şöyle ki, tüketici kötü kaliteye karşı korunmuş olur[6]. Çünkü kabul örnekleme üretilen birimlerin piyasaya sunulmadan önceki son kontrolüdür. Kalitenin kontrol altına alınması için geliştirilmiş bir metod değildir. Üretici için yararı ise kötü kalitedeki partilerin reddedilme olasılığının yüksek olduğunu bilen üreticileri, iyi kalitede mal üretimi yapmaya teşvik etmesidir. Reddedilen kötü kalitedeki partiler, üretici için büyük maddi kayıplara sebep olabilir.

Hipotez testlerinde yapılan iki tip hata, kabul örneklemeinde de yapılabilir. Bu hatalardan ilki, kabul edilebilir kalite seviyesindeki bir partinin reddedilmesidir. Buna birinci tip hata denir ve olasılığı α ile gösterilir. İkincisi ise reddedilmesi gereken bir partinin kabul edilmesidir. İkinci tip hata olarak isimlendirilir ve olasılığı β ile gösterilir. Bu hatalardan birinin yapılması, maliyetleri önemli ölçüde etkiler. Bu hataların yapılmaması için, kalite spesifikasyonları ve örnek büyüklüğünün iyi seçilmesi, örnekleme maliyetlerinin dengelenmesi gereklidir. Şu halde örnekleme yapılırken, en doğru kararın verilmesi çok önemlidir.

Kabul örneklemeindeki hatalar ilk kez Amerikalı istatistikçiler Harold F. Dodge ve Henry G. Romig tarafından tanımlanmış ve α ve β riskleri ya da üretici ve tüketici riski olarak adlandırılmıştır. Üretimin kalitesi iyi olduğu halde, seçilen bir partinin kötü kalitede olduğunu kabul edip partiyi reddetme olasılığı α dır ve üretici için bir risktir. Kusurlu oranı fazla, yani kötü kalitedeki bir partinin kabul edilmesi olasılığı β dır ve bu tüketici için bir risktir[6].

Uygulamada bu risklerden birini veya her ikisini ortadan kaldırmak olanaksız olduğundan üretici ve tüketici açısından bu risklerin dengelenmesi hem üreticiyi hem de tüketiciyi bir ölçüde koruyacaktır.

N partiden oluşan bir yığından, büyüklükleri $n_1, n_2, \dots$ olan örnek grupları seçilir ve bu örnek gruplarındaki $k_1, k_2, \dots$ kusurlu parça sayıları tespit edilir. Bu sayılar daha önceden belirlenmiş olan $c_1, c_2, \dots$ değerleriyle karşılaştırılarak partinin kabul veya reddi için belirli kurallara göre karar verilir. Kabul örneklemesinde karar verme işlemini gerçekleştirmek için hazırlanan planlara kabul örnekleme planları denilir[1].

Kabul örnekleme planlarının; örnek sayısına, sürekli değişkenlere, süreksiz değişkenlere göre uygulanan çeşitleri vardır. Örnek sayısına göre kabul örnekleme planları;

1. Tek örnekleme planları,
2. Çift örnekleme planları,
3. Çok katlı örnekleme planları,
4. Ardışık örnekleme planları,

şeklinde gruplanırlar[1].

Örnekleme planları için kabul ihtimalini teklif edilen kalitenin fonksiyonu olarak yorumlayıp grafiğini çizmek kolay bir iştir[7]. Bu eğri ile örnekleme planlarının karakteristikleri analiz edilir. Bu eğriye çalışma karakteristiği eğrisi denilir. Çalışma karakteristiği eğrisi, ikinci tip hata yapma ihtimalinin eğrisidir. İkinci tip hata yapmama ihtimalinin eğrisine de kuvvet eğrisi denilir.

Modern üretimde mamul yapısının ve imalât yöntemlerinin karmaşıklığı ve üretim miktarlarının büyüklüğü, kalite sorunlarının kaynaklandığı nedenlerdir. Bu sorunların çözümlenmesinde büyük adetler ve tesadüfî değişmeler ile ilgilenen istatistikten yararlanma zorunluğu vardır[1].

Bir mamulün kalitesi herşeyden önce satılabilirliğini etkiler, rekabete dayanma şansını artırır. Satış miktarının kârlılığı doğrudan doğruya etkilediği bilindiğine göre, mamul kalitesi için yapılacak harcamaların yakından izlenmesi ve kontroluna önem verilmesi gerekir[1].

1.4 Kalite Kontrolu Maliyetleri ve Sınıflandırılması

Kalite kontrolu maliyetleri kalite kontrolu departmanının kurulmasında ve bu departmandaki faaliyetlerin verimli şekilde yürütülmesinde katlanılan fedakârlıklardır. Bir başka ifade ile tüketici istek ve ihtiyaçlarına uygun mamul ve hizmet üretimi için katlanılan fedakârlıklardır. Bu maliyetler, sağlam ürünler yapmanın maliyeti değil, kusurlu ürünlerin yapılmasını veya tüketiciye ulaşmasını önleyici faaliyetler için yapılan masraflardır. Kusurların araştırılması, bulunup tamir edilmesi veya kusurları bertaraf etme maliyetleridir[8].

Kalite kontrolu maliyetlerinin bir bölümünü kalite kontrolu tesis ve teçhizatlarının yıpranmasından doğan amortisman giderleri, faiz, alternatif kalite kontrolu tesis ve teçhizatlarından vazgeçme maliyetleri oluşturur[9]. Ürün veya hizmet kalitesi ile ilgili ikinci bölümü genel olarak,

1. Koruma maliyetleri,
2. Ölçme ve Değerleme maliyetleri,
3. İşletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyetleri,

olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir.

1.4.1 Koruma Maliyetleri

Ürün ve hizmet kalitesi ile ilgili diğer maliyetleri minimuma indirmeyi hedefleyen maliyetlerdir. Bu maliyetler

aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

a) Kalite planlaması ve koordinasyonu maliyetleri,

Kalite planlama maliyeti kalite ile ilgili verilerin toplanması, analiz edilmesi, test ve muayene planları ve güvenilirlik planları gibi geniş bir faaliyetler dizisini kapsar. İlgili departmanların bu planlardan haberdar edilip planların uygulanabilmesi için açıklayıcı kılavuzlar hazırlanır.

b) Süreç kontrolü,

Verimliliğin sağlanması için kalite planlarının uygun şekilde yürütülüp yürütülmediğinin kontrolü, makinelerin kaliteyi bozmayacak şekilde üretim kapasitesini artırma çalışmalarının maliyetidir.

c) Yapılan kalite plan ve projelerini geliştirme maliyeti,

Kalite plan ve projelerinin geliştirilmesi, kalite planlamasında söz konusu maliyetlerin azaltılması ve kalitenin korunmasıdır.

d) Kaliteyle ilgili verilerin elde edilmesi ve analizi,

Kalite performansı ile ilgili verileri sürekli olarak toplamak için kalite veri sisteminin düzenli bir şekilde çalışması gerekir. Bu verilerin analizi kalite problemlerini ortaya çıkarır. Kalite ile ilgili problemlerin varlığından ilgilileri haberdar kılan bir mekanizmanın oluşturulmasını ve destekleyici çalışmaları kapsar.

e) Kalite raporlarının hazırlanması maliyeti,

Kalite ile ilgili veriler, analiz edilip yorumlanarak rapor halinde ilgili departman yöneticilerine ve üst yönetime iletilir.

f) Alet ve teçhizatların bakımı maliyeti,

g) Eğitim,

Kalitenin iyileştirilmesi, kalite planlarının en iyi şekilde uygulanması için, kalite kontrolü departmanında çalışan ve üretim sürecinde kalite kontrolü ile ilgili işlevleri yerine getiren personel için eğitim programlarının hazırlanması ve uygulanması maliyetidir.

1.4.2 Ölçme ve Değerleme Maliyetleri

Kalite standard ve spesifikasyonlarına uygunluğun sağlanması için yapılan ölçme ve değerlendirmelerdir. Bu maliyetler,

a) Satın alınan hammadde ve malzemenin muayene ve kontrolü maliyeti,

Satın alınan hammadde ve malzemenin muayene ve kontrolü, bunların belirlenen kalite spesifikasyonlarına uyup uymadığını ortaya koyar ve bozuk bir ürünün yapılmasını önler.

b) Laboratuvar kabul testi,

Gelen malzemeden alınan örnekler üzerinde dışarıda veya fabrikadaki laboratuvarlarda yapılan testlerin ve ölçümlerin maliyetleridir.

c) Muayene ve ölçme hizmetleri,

Bu hizmetlerin maliyeti, üretim işleminden sonra nihai ürünün kabulü, paketleme ve nakliyesinin kontrolü ile ilgilidir. Ömür uzunluğu, çevreye uygunluk ve güvenilirlik testlerini kapsar. Ayrıca yapılan üretimin

fabrika programlarına uygunluğunun kontrolü maliyetleridir[8].

d) Test ve ölçme araçlarının bakımı ve kalibrasyonu,

Muayene ve ölçümlerde kullanılan test ve ölçme araçlarının kalibre edilmesi ve sistemin çalışmasının maliyetidir.

e) Kalite hesap raporunun maliyeti,

Üretim aşamasında bulunan veya üretim sürecini tamamlamış olan ürün ile ilgili alışılmış kalite hesap raporunu hazırlayan personelin harcamış olduğu zamana tekbül eden maliyetleri gösterir[10].

f) Malzeme ve servis tüketimi,

Tahrip edici testler, tüketilen malzeme ve hizmetlerin maliyetidir[8].

g) İşçilik kontrolü,

Kalite kontrol departmanında çalışan personelin çalışması ve iş veriminin değerlendirilmesi amacı ile girilen faaliyetlerin maliyetidir[1].

h) İşletme dışı ölçme ve testler,

İşletme içinde yapılamayan ölçüm ve testlerin dışarıdaki özel kuruluşlara yaptırılmasının veya mamulün kullanılma yerinde uygulanan muayene ve testlerin maliyetidir.

Ölçme ve değerlendirme faaliyetlerine ilişkin maliyetlerin hesaplanmasında özellikle harcanan işçilik sürelerinin bilinmesi gerekir[1].

1.4.3 İşletme İçi ve İşletme Dışı Bozuk Mal Maliyetleri

1°) İşletme içi bozuk mal maliyetleri,

Bir hizmetin verilmesi veya ürünün tamamlanması ya da bir yere gönderilmesinden evvelki maliyetlerdir[11]. Bu maliyetler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

a) Iskarta,

Tamir edilmesi veya kullanılması ekonomik olmayan, kalite spesifikasyonlarına uymadığı için hurdaya ayrılan kusurlu mamullerden kaynaklanan malzeme ve işçilikteki net kayıpların maliyetidir[8].

b) Düzeltme,

Kusurlu olduğu saptanan mamullerden düzeltilebilecek olanları tespit etmek ve gerekli düzeltmeleri gerçekleştirmek için devreye sokulan personelin ücretine ve malzemenin bedeline bağlı olarak ortaya çıkan maliyetlerdir.

c) Düzeltilen ürünlerin muayene maliyeti,

Düzeltilen ürünlerin, yani yeniden kalite spesifikasyonlarına uygunluğu sağlanan ürünlerin muayene maliyetleridir.

d) Zaman kaybı maliyeti,

Kusurlu ham ve yarı mamul maddelerin üretim sürecinde sebebiyet verdiği zaman kayıplarına bağlı olarak ortaya çıkan maliyetlerdir.

e) Hasılat kaybına bağlı olarak ortaya çıkan maliyet,

Geliştirilmiş kontrol süreçleri ile mevcut hasılatı, deklare edilmiş kalite düzeyini düşürmeksizin artırmak mümkün olabilir. Bir dolum tesisinde kutularda üzerinde yazılı miktardan daha fazlasını doldurmakla uğranılan hasılat kayıpları bu türdendir.

f) Kaliteye bağlı olarak mamulün kullanılacağı yerin yeniden saptanması,

Kalite standartlarına uygun olmayan ürünlerden işe yarayacak olanların ve kullanılabilecekleri yerlerin saptanması. Bu arada kendilerine verilen yeni rolleri, mevcut halleri ile üstlenemeyecek olanlar üzerinde gerekli düzeltmelerin yapılması. Bu süreç, orijinal faaliyetlere ek bir faaliyet olarak ortaya çıkacağı için katılımda bulunan personelin ve kullanılan malzemenin fonksiyonu olan yeni bir maliyet unsurunu ortaya çıkarır.

2°) İşletme dışı bozuk mal maliyetleri,

Bu maliyetler, ürün veya hizmetin tüketiciye ulaşmasından sonra ya da tüketiciye ulaşması esnasında ortaya çıkan kusurların maliyetidir[11]. Bu bölümdeki maliyetleri aşağıdaki gibi gruplandırabiliriz:

a) Tüketici şikayetlerinin düzeltilmesi maliyeti,

Şikayete sebep olan kusurların incelenmesi ve düzeltilmesinin maliyetidir.

b) Garanti masrafları,

Garanti belgelerine dayanarak müşteriye götürülen servis hizmetlerinin maliyetidir[8].

c) İade edilen mal,

Satılan malın kusuru sebebiyle yenisiyle değiştirilmesinden kaynaklanan maliyettir.

d) Defolu malın neden olduğu maliyet,

Yeterli kalitede olmayan malın defolu mal niyeti-ne düşük maliyetle satışından kaynaklanan kayıp.

1.5 Toplam Kalite Maliyeti

Yukarıda açıklanan ürün veya hizmet kalitesi ile ilgili kalite maliyetlerinin yani koruma, ölçme-değerleme ve bozuk mal (işletme içi ve işletme dışı) maliyetlerinin toplamı, toplam kalite maliyetini oluşturur. Bir ürünün gerçek maliyeti ile ürünün arızalanması ya da bozuk mal üretilmesi olasılığının sıfır olması durumunda oluşacak indirgenmiş maliyet arasındaki farkı, toplam kalite maliyeti temsil eder[12].

Toplam kalite maliyeti Juran tarafından, çıkartılmak üzere bekleyen "madendeki altın" olarak tanımlanmaktadır[12]. Söz konusu kavramın gerisinde, kusurlardan kaynaklanan maliyetlerin kârlı bir altın madeni olabileceği iması yatmaktadır. Bu kavram, kusurları azaltmaya yönelik programlardan elde edilecek kârın, işgücünün geliştirilmesi amacına yönelik yatırımlarla artırılmasının uygun olacağını ima etmektedir[13].

Amaç, gerekli kalite seviyesini muhafaza ederken toplam kalite maliyetini minimuma indirmektedir. Toplam kalite maliyetinin azalması için koruma maliyetlerindeki bir birimlik artış, bozuk mal maliyetlerinde bir birimlik azalmandan daha fazlasına sebebiyet vermelidir. Bir firmanın verimliliği ve kaliteyi artırmayı veya maliyetleri düşürmeyi amaçlayan bir programı uygulamaya koymadan önce, bu terimlerin manasına açıklık kazandırması ve kooperasyonu maksimize edebilmek için nasıl ölçülebileceklerini belirlemesi

gerekir. Kalite, yalnızca iyi veya kötü sıfatları ile belirlenecek olursa sayısal olarak ölçülebilme şansına sahip olamaz. Bu sebeple yönetimin kaliteyi "gereksinimlere uygunluk" olarak tanımlamasında, sonuç olarak ölçülebilirliğini mümkün kılmasında yararlar vardır. Sözünü ettiğimiz yaklaşım gelişmenin sayısal değerler cinsinden ifade edilebilmesini, değişikliklerin izlenebilmesini, trendin saptanabilmesini sağlar. Kalite maliyeti, "kalite maliyetleri" adı verilen değişkenler cinsinden ifade edilebilir halle gelir[14].

Toplam kalite maliyeti de kalite seviyesine bağlı olarak aşağıdaki gibi formüle edilebilir;

- q ; $[0,1]$ aralığında değişen kalite seviyesi,
- $C_1(q)$; q kalite seviyesindeki bir birim ürünün işletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyeti,
- $C_2(q)$; q kalite seviyesindeki bir birim ürünün koruma ve ölçme-değerleme maliyeti,
- $C_{12}(q)$; q kalite seviyesindeki bir birim ürünün toplam kalite maliyeti,

olmak üzere

$$C_{12}(q) = C_1(q) + C_2(q)$$

dir[15]. Toplam kalite maliyeti eğrisi konveks bir eğri olup, $C_{12}(q)$ yu minimize eden optimal bir q_0 noktası mevcuttur. Bu q_0 noktası, $C'_{12}(q)=0$ denkleminin köklerinden $C''_{12}(q_0)>0$ eşitsizliğini gerçekleyen q_0 değeridir.

BÖLÜM 2. OPTİMUM KALİTE MALİYETLERİ, SIFIR KUSUR KAVRAMI VE NET KÂRI MAKSİMİZE EDEN OPTİMUM KALİTE YOLU MODELİ

2.1 Optimum Kalite Maliyeti ve Sıfır Kusur Kavramı

Optimum kalite maliyeti, toplam kalite maliyetinin minimum değeridir. Bu minimum değerın tekabül ettiği kalite seviyesine ise optimum kalite seviyesi denir.

Toplam kalite maliyetinin minimumunu belirleme problemi, bir optimizasyon problemidir. Optimizasyon, maliyet minimizasyonu veya kâr maksimizasyonu gibi bir karar probleminde bütün alternatif faaliyetleri inceleme ve amaçların hepsi için en iyiyi ortaya çıkaran yolu seçme sürecidir[16] Önceki bölümde kalite seviyesine bağlı olarak formüle edilen toplam kalite maliyeti, zaman içinde değişen kalite seviyesine bağlı olarak aşağıdaki gibi formüle edilip, minimum değeri bulunabilir.

$q(t)$; t anındaki kalite seviyesi, $0 \leq q(t) \leq 1$.

$C_1[q(t)]$; İşletme içi+İşletme dışı bozuk mal maliyetleri.

$C_2[q(t)]$; Koruma+Ölçme-değerleme maliyetleri.

$C_{12}[q(t)]$; Toplam kalite maliyeti

olmak üzere,

$$C_{12}[q(t)] = C_1[q(t)] + C_2[q(t)], \quad q(t) \in [0, 1] \quad (2.1)$$

dir[17]. Toplam kalite maliyetinin minimum değeri,

$$C'_{12}[q(t)] \frac{dq}{dt} = 0$$

denkleminin kökleri arasından $t > 0$ ve $q(t) \in [0,1]$ olmak kaydıyla,

$$C''_{12}[q(t)] \left(\frac{dq}{dt}\right)^2 + C'_{12}[q(t)] \frac{d^2q}{dt^2} > 0$$

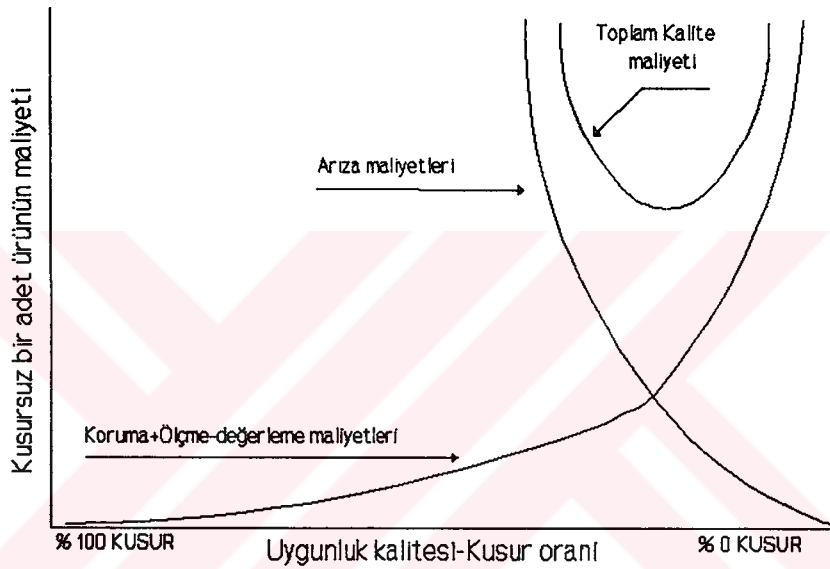
ilişkisini gerçekleyen $q_0(t_0)$ noktası tarafından belirlenir. Genelde her iki kısıtlamayı da gerçekleyen birden fazla $q(t)$ değerinin bulunması halinde $C_{12}[q(t)]$ yi en küçük kılını alınır ve mutlak minimum noktası olarak adlandırılır.

Genel olarak, üretim yapan firmaların hedefi "sıfır kusur" dur. Aslında sıfır kusur, hiç kusurlu iş yapılmaması anlamına gelir. Bir başka deyişle, standartlara uymayan koşulları anında tespit edip standartlara uygun hale getirerek "ilk seferinde doğru ya da standartlara uygun üretim yapmak" ve bozuk mal maliyetlerini bu yoldan azaltmaktır. İşletme içi+işletme dışı bozuk mal maliyetlerinin azalması, ölçme-değerleme+koruma maliyetlerinin artması demektir. Sıfır kusur hedefine yaklaşılmaması, ölçme-değerleme+koruma maliyetlerinin hızla artması ve çoğu halde de sonsuza gitmesi sonucunu beraberinde getirir[18].

Kalite mühendisleri zamanlarının büyük bir kısmını kusurlu iş oranını düşürmek için harcamaktadırlar. Oysa minimum maliyet, belirli bir oranda kusurlu üretimin varlığını öngörmektedir ve bu oranı daha aşağı çekmek için uğraşmak hiç de akıllıca bir iş değildir[18].

Hedef "sıfır kusur" veya "ilk seferinde doğru yapmak" olmasına rağmen, gelecek bölümde Juran'ın optimum kalite maliyetleri modelinde de görüleceği gibi toplam minimum maliyet, sıfır kusur yani %0 kusur noktasında değil, belirli bir kusur oranının varolduğu noktadadır[18]. Toplam kalite

maliyetinin minimum değerine sıfır kusur noktasında değil, ama bu noktanın sol tarafında ve belirli bir kusur oranı için ulaştığını Şekil:2-1 den görmekteyiz. Söz konusu kusur oranı seviyesine ulaşana kadar sürdürülen mamul geliştirme çabaları toplam kalite maliyetini minimumuna doğru çekecektir. Bu kusur oranını daha da küçültme girişimleri, maliyeti artırıcı fakat süreci mükemmelliğe doğru yöneltici nitelikte maliyetlerdir.



Şekil:2-1 Juran'ın optimum kalite maliyetleri modeli

2.2 Optimum Kalite Maliyetleri Modeli

Kalite maliyet özetleri yöneticilerin önüne getirildiğinde en sık sorulan sorulardan biri şudur: "En tutarlı, en doğru kalite maliyetleri nedir?". Yöneticiler gerçek maliyetleri mukayese edebilecekleri bir standard peşindedirler. Bu suretle bir geliştirme programına gereksinim olup olmadığına karar verebilmeleri mümkün olacaktır. Proje safhası gelişirken "Neyle kıyaslama yapılacağı?" sorusu ağırlığını giderek daha fazla hissettirmeye başlar. Bu sorunun yanıtı olmadan yöneticiler proje safhasının ne zaman

bitip kontrol safhasının ne zaman ön plana çıktığından emin olamazlar. Kontrol safhasına ulaşıldığı yolundaki bir karara vaktinden önce varılırsa kontrol standartları çok gevşek olur ve önlenabilir kayıpların süreklilik kazanmasına sebebiyet verir. Karar vermekte gecikilirse proje çalışması kârlı olmayan kanallara yöneltilmiş olur. Tedavi için gerekli harcama, hastalığın sebebiyet verdiği zararları aşabilir[13].

Şirketler optimum kalite maliyetinin seviyesini şu yöntemler vasıtasıyla tespit ederler[13]:

1. "Pazar" kalite maliyetleri ile ilgili sağlıklı bilgileri değerlendirerek.
2. Muntazam bütçe süreçlerini kullanarak.
3. Kalite maliyet kategorileri ile ilgili oranlar oluşturarak.

Toplam kalite maliyetinin bir minimuma sahip olduğu Şekil:2-1 de görülmektedir. Juran minimum toplam kalite maliyetine göre üç kalite bölgesi tanımlamaktadır. Bu bölgeler genellikle kalite maliyetleri ile ilgili cari oranlar yardımıyla belirlenirler[13].

1. Optimum kalite düzeyinin altında kalan geliştirme projeleri bölgesi.
2. Optimum kalite düzeyinin üstünde kalan mükemmellik bölgesi.
3. Bu iki bölgenin arasında kalan tarafsız bölge.

"Mükemmellik bölgesi", sıfır kusur taraftarlarını en fazla huzursuz eden bölgedir. Juran, bu bölgede koruma çabalarının gevşetilmesini kusur oranlarının artırılmasını tavsiye etmektedir[15].

Bu görüş, sıfır kusur taraftarlarının görüşleri ile çelişmektedir. Juran, koruma maliyetinin asimptotik olarak arttığını ve $q = \%0$ düzeyinde sonsuz olduğunu iddia

etmektedir. Bunun anlamı marjinal harcamanın sonsuz olması demektir, oysa marjinal kazanç sonsuz olmayacaktır[15].

2.3 Kaliteyi Geliştirme Süreçleri ve Bu Süreçlerin Karşılaştırılması

Kusur düzeyi düşerken arıza maliyetleri azalır ve ölçme-değerleme maliyetleri ile birlikte koruma maliyetleri artar. Bu oluşum, adeta bir optimum kalite seviyesinin mevcut olacağının ve kaliteyi bu seviyenin üzerine çıkartma girişimlerinin toplam maliyeti artıracığının, finansal performansı düşüreceğinin habercisi gibidir. Bu görüşün taraftarları, sıfır kusur arayışı içerisinde olanlara muhaliftirler ve sürekli bir iyileştirme programı vasıtasıyla sıfır kusura ulaşma girişimlerinin şirketin ekonomik çıkarlarına ters düştüğünü savunurlar[15].

Sıfır kusur taraftarları sürekli geliştirme (iyileştirme) yanlısıdır. Bu, her türlü kaybı sıfırlamak için harcanacak olan bitmek tükenmek bilmez bir çaba yumağının varlığını zorunlu kılmaktadır.

Sıfır kusura muhalif görüş, "yenilik" taraftarlarıdır. Yenilik taraftarlarının odak noktası, bilim ve teknolojidir. Sürekli geliştirme (iyileştirme) için Japonlar, "kaizen" demektedirler. Şekil:2-2, sürekli iyileştirme yöntemi ile bir başka yöntemi, "yenilik" i, kıyaslamaktadır. Yenilik, devrimleri doğurmaktadır. Oysa sürekli iyileştirme evrimlere gebedir. Yenilik olgusunun, genellikle maliyeti yüksek olaylar tarafından karakterize edilmesine karşın kaizen, pahalı olmayan ve neredeyse algılanamayacak türden olan gelişmeleri temsil eder. Kaizen, kaplumbağa ile tavşan masalındaki kaplumbağa gibidir. Masaldaki kaplumbağanın tavşana galip gelmesi gibi, kaizen genellikle yeniliğe galip gelmektedir[15].

2.4 Kalite Maliyetlerinden Faydalanarak Sıfır Kusur Kavramının Analizi

Bu bölümde sıfır kusur kavramının analizi amacıyla yönelik bir model inşa olunacak, bu modelden yararlanılarak firmanın net kârını maksimum kılan optimum kalite yolunun belirlenmesine çalışılacaktır.

	Kaizen	Yenilik
ODAK	Dizayn, Üretim ve Pazarlama	Bilim ve Teknoloji
HEDEF	Kapsamlı: Kalite, Maliyet, Emniyet, Etkinlik, Ürün gelişmi	Sınırlı(dar): Müstakbel teknik
UZMANLIK	Konvensiyonel, Know-How	Önderlik
SERMAYE GEREKSİNİMİ	Çok mütevazı	Çok fazla
İLERLEME	Küçük adımlar	Büyük sıçramalar
SONUÇLAR	Sürekli	Kendiliğinden olan
GÖRÜŞ	Dramatik değil	Çok dramatik
KATILIM	Herkes	Az sayıda seçkin kişi
İŞBİRLİĞİ	Grup faaliyeti	Kişisel çaba
TANINMA	Çaba, Süreç	Neticeler
	⇓	⇓
	Evrin	Devrim

Şekil:2.2 İki iyileştirme sürecinin karşılaştırılması

Sıfır kusur kavramı analizini konu edinen çalışmalarda toplam kalite maliyeti bir çıkış noktası oluşturmuş, bu yaklaşım geleneksel yaklaşım olarak isimlendirilmiştir[17]. Bu çalışmalarda, Fine'in yüksek kaliteli mamul üretimi esnasında edinilen bilginin düşük kaliteli mamul üretimi esnasında edinilen bilgiye kıyasla, üretim maliyetlerinin azalmasında çok daha etkili olduğu iddiasından yola çıkılarak, kaliteye bağlı olarak edinilen bilginin de formüle edildiği dinamik bir model inşa olunmuştur. Fine'in çalışması imalâтта kalitenin dinamik görünümünden söz eden ilk modeldir. Ancak, Fine'in modelinde kalitenin satışlar üzerindeki etkisi ve zaman içinde ölçme-değerleme ve koruma maliyetlerinde azalmaya sebep olan teknolojik ilerlemeler dikkate alınmamaktadır[17]. Hsiang ve Lee, bu faktörlerin ölçme-değerleme ve koruma maliyetleri üzerindeki etkisini ve kalitenin satışlar üzerindeki etkisini göz önüne alarak modeli geliştirmişlerdir.

Aşağıda oluşturulan modelde ise kaliteye bağlı bilgi birikimi ve teknolojik ilerlemelerin, işletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyetlerindeki azalmaya da etkisi olacağı noktasından hareket edilerek problemin yeni boyutlar kazanması, daha kapsamlı bir analizinin yapılabilmesi imkân dahiline sokulmuştur. İnşa olunan model, zaman içinde değişen kalite seviyesinin birim ürünün satış fiyatı ve ürün talebi ya da satışlar üzerindeki etkisi, kalite ile ilgili bilgi birikiminin ve teknolojik ilerlemelerin işletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyetleri ile ölçme-değerleme ve koruma maliyetlerine etkisi göz önüne alınarak firmanın $\pi(t)$ ile gösterilen net gelirinin maksimize edilmesi ve $[0,1]$ aralığında değişen $q(t)$ kalite seviyesinin izleyeceği en iyi yolun bulunması için kullanılacaktır.

Bir mamulün t anında $q(t)$ ile ifade edilen kalite seviyesindeki satış miktarını veya oluşturduğu talebi $D[q(t)]$ ile gösterelim. $0 \leq q(t) \leq 1$ ve $q'(t) > 0$ dir. Öte yandan $q(t)$ nin sınırsız olarak artmayacağı varsayımından hareketle $q''(t) < 0$, yani $q(t)$ nin t 'nin konkav bir fonksiyonu olduğunu

ifade edelim.

$P[q(t)]$, $q(t)$ kalite seviyesindeki ürünün birim satış fiyatıdır. Kalite seviyesinin artmasına paralel olarak fiyatında artacağı fakat bu artışın sınırsız olmayacağı varsayımından hareketle $P'[q(t)] > 0$, $P''[q(t)] < 0$ olduğunu, bir başka deyişle $P[q(t)]$ nin $q(t)$ nin artan konkav bir fonksiyonu olduğunu varsayabiliriz.

$C_1[q(t)]$ ve $C_2[q(t)]$, sırasıyla işletme içi+işletme dışı bozuk mal maliyetleri ve ölçme-değerleme+koruma maliyetlerini göstermektedir. $C_1[q(t)]$ nin $q(t)$ nin azalan ve konkav, $C_2[q(t)]$ nin ise $q(t)$ nin artan ve konveks fonksiyonları olduğunu varsayacağız. Bir başka ifade ile $C'_1[q(t)] < 0$, $C''_1[q(t)] > 0$ ve $C'_2[q(t)] > 0$, $C''_2[q(t)] > 0$ dir.

$C_3(t)$, bir birim ürünün kalite ile ilgili maliyetler hariç olmak üzere imalat maliyetini gösterebilir. İmalat maliyetinin teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak azaldığını, fakat bu azalmanın da sınırsız olmadığını varsayarak, $C'_3(t) < 0$ ve $C''_3(t) > 0$ olduğunu kabul edeceğiz.

$C_{12}[q(t)] = C_1[q(t)] + C_2[q(t)]$ ile belirlenen toplam kalite maliyeti $q(t)$ nin konveks bir fonksiyonudur, bir başka deyişle $C'_{12}[q(t)] = 0$ bağıntısını gerçekleyen bir q_0 değeri için $C''_{12}(q_0) > 0$, dolayısıyla $C_{12}[q(t)]$ nin bir minimum değerini bulabilmek olası olacaktır.

Üretilen malın kalitesine de bağlı olmak üzere t anına kadar edinilmiş toplam deneyim $z(t)$ ile gösterilsin[17].

$$z(t) = z(0) + \int_0^t h(\tau) q(\tau) d\tau \quad (2.2)$$

olduğunu yazabiliriz. Burada

$z(0)$; $t=0$ anında, yani işin başlangıcında sahip olunan

deneyim.

$q(\tau)$; τ anında üretilen ürünün kalitesinin seviyesi.
 $h(\tau)$; τ nun artan bir fonksiyonudur. Bir iskonto faktörü olarak görev yapar. En son deneyimlerden elde edilen bilgilerin ağırlığının daha önceki deneyimlerden elde edilen bilgilerin ağırlığından daha fazla olduğunu vurgulayan bir faktördür.

İşletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyetinde teknolojik gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan azalmayı temsil eden ve azalan konveks bir fonksiyon $a_1(t)$, kalite ile ilgili bilgi birikimine bağlı olarak ortaya çıkan azalmayı temsil eden ve azalan konveks bir fonksiyon $b_1[z(t)]$ olsun. Ölçme-değerleme ve koruma maliyeti için de $a_1(t)$ ve $b_1[z(t)]$ nin mütekabilleri, sırasıyla, $a_2(t)$ ve $b_2[z(t)]$ ile gösterilsin. $a_2(t)$ ve $b_2[z(t)]$ de azalan konveks fonksiyonlardır.

İşletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyetleri ile ölçme-değerleme ve koruma maliyetlerini bu çerçevede içerisinde aşağıdaki bağıntılar vasıtasıyla formüle edebiliriz.

$$\begin{aligned} C_1(q, t) &= a_1(t) b_1[z(t)] C_1[q(t)] \\ C_2(q, t) &= a_2(t) b_2[z(t)] C_2[q(t)] \end{aligned}$$

t anında firmanın net geliri ise,

$$\begin{aligned} \pi(t) &= \{P[q(t)] - a_1(t) b_1[z(t)] C_1[q(t)] - \\ &\quad - a_2(t) b_2[z(t)] C_2[q(t)] - C_3(t)\} D[q(t)] \end{aligned} \quad (2.3)$$

ile belirlenir. Amacımız $\pi(t)$ net gelirini maksimize edecek en iyi kalite yolunu belirlemektir.

2.5 $\pi(t)$ Net Gelirinin Maksimizasyonu

Bir T planlama süresi söz konusu iken bu süre zarfında $\pi(t)$ net gelirini maksimize etmek demek,

$$\varphi(T) = \int_0^T e^{-rt} \pi(t) dt \quad (2.4)$$

fonksiyoneli maksimize etmek demektir[17]. $\varphi(T)$ nin değeri, t anındaki gelir $\pi(t)$ ise T uzunluğundaki planlama dönemi sonunda elde edilecek toplam gelirin bugünkü değeridir. Burada r iskonto faktörüdür ve $[0, T]$ aralığında oluşacak olan toplam gelirin, işe başlandığı anda ifade edeceği değerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. r nin tayinindeki en önemli unsurlardan birisi enflasyondur. Enflasyon hızı artarken r nin değeri büyüyecek, aksi takdirde azalacaktır.

(2.4) fonksiyoneli optimize etme problemi, varyasyonlar hesabı problemidir[17]. $\varphi(T)$ nin optimal kılınabilmesi için aşağıdaki teorem uygulanmaktadır.

TEOREM 1. $z(a)=A$, $z(b)=B$ sınır şartlarını sağlayan ve $[a, b]$ de birinci mertebeden sürekli türevelere sahip $z(t)$ fonksiyonlarının oluşturduğu $C'[a, b]$ cümlesi üzerinde tanımlı,

$$J[z] = \int_a^b F(t, z, z') dt$$

fonksiyonelinin verilen bir $z(t)$ fonksiyonu için, bir ekstremuma sahip olması için gerek şart $z(t)$ nin,

$$F_z - \frac{d}{dt} F_{z'} = 0$$

Euler denklemini sağlamasıdır[19].

Bu teoreme göre $F(t, z, z') = e^{-rt} \pi(t)$ dir ve $\varphi(T)$ fonksiyonelinin $e^{-rt}\pi(t)$ fonksiyonunun ekstremum olması için gerek koşul,

$$\frac{\partial}{\partial z} [e^{-rt}\pi(t)] = \frac{d}{dt} \left\{ \frac{\partial}{\partial z'} [e^{-rt}\pi(t)] \right\}$$

ile verilen ve Euler koşulu olarak bilinen bağıntının gerçekleşmesidir. Burada z' , $z(t)$ nin t ye göre türevidir ve (2.2) den $z' = hq$ ve $q = z'/h$ elde edilir. Aşağıdaki Lemma, (2.4) ün maksimum kılındığı en iyi kalite yolunun tabiatını karakterize etme işinde kullanılmaktadır.

LEMMA: (2.4) fonksiyonelinini maksimize eden optimal $q^*(t)$ kalite yolu, $\partial\pi(t)/\partial q \leq 0$ eşitsizliğinin gerçekleştiği kalite yoludur.

İspat: $\pi(t)$ net kârı için, $\partial\pi(t)/\partial q > 0$ ise $q(t)$ yi artırmak suretiyle kârı artırabiliriz. Ayrıca, $q(t)$ nin artması $z(t)$ nin artması sonucunu doğuracaktır. Bu ise müstakbel koruma ve ölçme-değerleme maliyetleri ile birlikte işletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyetlerini azaltacaktır. Buradan da, kâr sonsuz olarak artmayacağı için $\partial\pi(t)/\partial q$ nin pozitif olduğu herhangi bir $q(t)$ değerinin optimum olamayacağı sonucu çıkar. Şu halde $\partial\pi(t)/\partial q \leq 0$ olmalıdır. Başka bir ifade ile, optimal kalite yolu üzerinde,

$$\begin{aligned} & \{P'[q(t)] - a_1(t)b_1[z(t)]C_1'[q(t)] - a_2(t)b_2[z(t)] * \\ & * C_2'[q(t)]\} D[q(t)] + \{P[q(t)] - a_1(t)b_1[z(t)]C_1[q(t)] - \\ & - a_2(t)b_2[z(t)]C_2[q(t)] - C_3(t)\} D'[q(t)] \leq 0 \end{aligned}$$

olacaktır.

TEOREM 2. Firmanın net gelirinin t anında $q(t)$ kalite seviyesine bağlı ve (2.3) formunda ifade ediliyor olması halinde optimum strateji, $(d/dt)(C_1 D) \geq 0$ olmak kaydıyla ürünün q ile gösterilen kalitesinin sürekli olarak geliştirilmesidir.

İspat: $F(t, z, z') = e^{-rt} \pi(t)$ olsun.

$$F(t, z, z') = e^{-rt} \{ P[q(t)] - a_1(t) b_1[z(t)] C_1[q(t)] - a_2(t) b_2[z(t)] C_2[q(t)] - C_3(t) \} D[q(t)]$$

dir. $q = z'/h$ konursa,

$$F(t, z, z') = e^{-rt} \{ P(\frac{z'}{h}) - a_1(t) b_1[z(t)] C_1(\frac{z'}{h}) - a_2(t) b_2[z(t)] C_2(\frac{z'}{h}) - C_3(t) \} D(\frac{z'}{h})$$

elde edilir.

$$\frac{\partial F}{\partial z} = \frac{d}{dt} \left\{ \frac{\partial F}{\partial z'} \right\} \quad \text{veya} \quad \frac{\partial F}{\partial z} - \frac{d}{dt} \left\{ \frac{\partial F}{\partial z'} \right\} = 0$$

Euler koşuluna göre,

$$\begin{aligned} & \frac{q'}{h} \{ - (P'' - a_1 b_1(z) C_1'' - a_2 b_2(z) C_2'') D - 2 (P' - a_1 b_1(z) C_1' - a_2 b_2(z) C_2') D' - \\ & \quad - (P - a_1 b_1(z) C_1 - a_2 b_2(z) C_2 - C_3) D'' \} = \\ & = [a_1 b_1'(z) C_1 + a_2 b_2'(z) C_2] D - \left(\frac{r}{h} + \frac{h'}{h^2} \right) \{ (P' - a_1 b_1(z) C_1' - a_2 b_2(z) C_2') D + \\ & + (P - a_1 b_1(z) C_1 - a_2 b_2(z) C_2 - C_3) D' \} - \left(\frac{a_1' b_1(z)}{h} + q a_1 b_1'(z) \right) (C_1 D' + C_1' D) - \\ & \quad - \left(\frac{a_2' b_2(z)}{h} + q a_2 b_2'(z) \right) (C_2 D' + C_2' D) - \frac{C_3' D'}{h}. \end{aligned}$$

(2.5)

olur. Yukarıdaki eşitliğin sol tarafında $P[q(t)]$, $q(t)$ nin artan ve konkav bir fonksiyonu olduğundan, $P' > 0$, $P'' < 0$ dır. $C_1[q(t)]$ azalan ve konveks, $C_2[q(t)]$ artan ve konveks olup $C'_1(q) < 0$, $C''_1(q) > 0$ ve $C'_2(q) > 0$, $C''_2(q) > 0$ dır. Ayrıca $D' > 0$, $D'' < 0$ ve sonuç itibarıyla,

$$P'' - a_1 b_1(z) C''_1 - a_2 b_2(z) C''_2 < 0$$

ve Lemma'dan,

$$P' - a_1 b_1(z) C'_1 - a_2 b_2(z) C'_2 < 0$$

ve sol taraftaki üçüncü terim,

$$P - a_1 b_1(z) C_1 - a_2 b_2(z) C_2 - C_3 > 0, \quad D'' < 0$$

olduğundan eşitliğin sol tarafı non-negatiftir.

Eşitliğin sağ tarafındaki ikinci terimin non-negatif olduğu Lemma'dan ve $h' > 0$ ilişkisinden hemen görülür. Ayrıca $C'_3 < 0$ olduğundan, $-(C'_3 D' / h) \geq 0$ dır. Sağ taraftaki kalan terimleri yazıp, yeniden düzenleyelim.

$$\begin{aligned} & [a_1 b'_1(z) C_1 + a_2 b'_2(z) C_2] D - [q a_1 b'_1(z) + \\ & + \frac{1}{h} a'_1 b_1(z)] (C_1 D' + C'_1 D) - [q a_2 b'_2(z) + \\ & + \frac{1}{h} a'_2 b_2(z)] (C_2 D' + C'_2 D) = \\ & = a_1 b'_1(z) D [C_1 - q C'_1] + a_2 b'_2(z) D [C_2 - q C'_2] - \\ & - \left\{ \frac{a'_1 b_1(z)}{h} [C_1 D' + C'_1 D] + q a_1 b'_1(z) C_1 D' + \right. \\ & \left. + \left[\frac{a'_2 b_2(z)}{h} + q a_2 b'_2(z) \right] C_2 D' + \frac{a'_2 b_2(z)}{h} C'_2 D \right\}. \end{aligned}$$

(2.6)

C_1 ve C_2 konveks fonksiyonlar olup $C_1 \leq q.C'_1$ ve $C_2 \leq q.C'_2$ dir. Öte yandan $b_1(z)$ ve $b_2(z)$ azalan fonksiyonlar olduğundan $b'_1(z) < 0$ ve $b'_2(z) < 0$ dir. Öyleyse yukarıdaki ifadede birinci ve ikinci terimler non-negatiftir. Üçüncü terime gelince, büyük parantez içindeki ilk terim hariç diğer terimler non-pozitiftir. İlk terimde yer alan $(d/dt)(C_1 D)$ çarpanı için,

$$\frac{d}{dt} (C_1 D) \geq 0$$

eşitsizliğin gerçekleşmesi halinde (2.6) bağıntısının sağ tarafındaki son terimin non-negatif olması garanti edilmiş olur. Böylece eşitliğin sağ tarafında non-negatif olduğunu göstermiş oluruz.

Sonuç olarak, Euler koşuluna göre elde edilen optimal çözümde yani (2.5) de, $(d/dt)(C_1 D) \geq 0$ olmak kaydıyla $q' \geq 0$ olmak zorundadır. Bu, Lemma'da belirtilen $q^*(t)$ optimal kalite yolu için $[q^*(t)]' \geq 0$ demektir. Bu da kalite seviyesinin sürekli olarak artırılması anlamına gelir. Şu halde, üreticinin optimal stratejisi kaliteyi sürekli artırmak, yani sıfır kusuru hedeflemek olmalıdır.

Burada yapılan analizde kalite kontrol maliyetlerinden işletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyeti ile ölçme-değerleme ve koruma maliyeti esas olarak alınmış, olaya üretici açısından bakılarak optimum kalite seviyesinin tayinine çalışılmıştır.

2.6 Talebin Sabit Olması Halinde Optimum Kalite Stratejisinin Belirlenmesi

Yukarıda yapılan analizde, talebin zaman içinde değişen kalite seviyesine bağlı olduğu varsayılarak üreticinin optimum kalite stratejisi belirlenmişti. Burada ise talebin

sabit olması durumunda üreticinin optimum stratejisini belirlemeye çalışacağız.

Talep sabit iken $D' = D'' = 0$ olup (2.5) eşitliği,

$$\begin{aligned} \frac{q'}{h} \{ - (P'' - a_1 b_1(z) C_1'' - a_2 b_2(z) C_2'') D \} = & (a_1 b_1'(z) C_1 + \\ & + a_2 b_2'(z) C_2) D - \left(\frac{r}{h} + \frac{h'}{h^2} \right) (P' - a_1 b_1(z) C_1' - a_2 b_2(z) C_2') D - \\ & - \left(\frac{a_1' b_1(z)}{h} + q a_1 b_1'(z) \right) C_1' D - \left(\frac{a_2' b_2(z)}{h} + q a_2 b_2'(z) \right) C_2' D. \end{aligned} \quad (2.7)$$

halini alır.

Teorem 2 de yapılan inceleme burada da yapılırsa, sol tarafta parantez içerisindeki terimin non-negatif olduğu görülür.

Eşitliğin sağ tarafında, $h' > 0$ ve Lemma'dan ikinci terim non-negatiftir. Kalan terimleri yazıp yeniden düzenleyelim.

$$\begin{aligned} & (a_1 b_1'(z) C_1 + a_2 b_2'(z) C_2) D - \left(\frac{a_1' b_1(z)}{h} + q a_1 b_1'(z) \right) C_1' D - \\ & - \left(\frac{a_2' b_2(z)}{h} + q a_2 b_2'(z) \right) C_2' D = \\ & = a_1 b_1'(z) D (C_1 - q C_1') + a_2 b_2'(z) D (C_2 - q C_2') - \\ & - \frac{1}{h} a_1' b_1(z) C_1' D - \frac{1}{h} a_2' b_2(z) C_2' D. \end{aligned}$$

dir. Bu ifadenin non-negatif olması $u_i = a_i' b_i(z) C_i'$ ve $v_i = h a_i b_i'(z) (C_i - q C_i')$, ($i=1,2$) olmak üzere,

$$u_1 + u_2 < v_1 + v_2 \quad (2.8)$$

olmasıyla mümkündür. Böylece (2.7) nin sağ tarafıda

non-negatif olur ve bu $q' \geq 0$ sonucunu doğuracaktır. Bunun anlamı da kalite seviyesinin yükseltilmesinin kârlı bir yaklaşım olmaya devam etmesidir.



BÖLÜM 3. KAZANCIN OPTİMİZASYONUNA KALİTE KONTROL SÜRECİNDEN GELEN KATKILARIN KUYRUK TEORİSİ YARDIMI İLE İNCELENMESİ

3.1 Talebi Etkileyen Faktörler

Önceki bölümde yapılan analizlerde talebin kalite seviyesine bağlı olduğu varsayılmıştı. Şüphesiz, talebi dolaylı-dolaysız etkileyebilecek,

- mamul dizaynındaki değişiklikler
- reklam politikası
- malî olanaklar
- üretim kapasitesi
- satış fiyatı

gibi faktörler de vardır[9]. İlgili alanımız içerisinde kalan ürüne yönelik talebin belirlenmesinde birinci derecede önemli olan faktörün zaman içerisinde değişiklikler arz eden kalite seviyesi olduğu ve talebin üretim miktarını tek başına belirleyebilecek güçte bir faktör olarak ortaya çıktığını, bir başka deyişle talep edilen miktarın üretilen miktara eşit olacağı varsayımından hareketle,

$$D[q(t)] = X(t)$$

yazılacaktır. Burada $X(t)$ ile t süresinde $q(t)$ kalite seviyesindeki üretim miktarı gösterilmektedir. t süresinde üretilen miktar $X(t)=x$ adet olsun. Lee ve Tapiero'nun çalışmalarındaki gibi burada da üretim miktarını kalite seviyesinden başka etkileyen faktörler,

- ürünü kötü görüp tekrar satın almaktan

- vazgeçenlerin oranı,
- tercihini başka ürünlere yönelten tüketicilerin oranı,
 - reklam, satıcı itibarı, garantiler, iyi servis ve alıcıların rakip firmalardan bu firmaya yönelmeleri sonucu talepteki, dolayısıyla üretim miktarındaki artış oranı,
 - sağlam ürünü kullanıp memnun kalan tüketicilerin etkisiyle kazanılan yeni müşterilerin oranı,
 - muhtelif söylentilere paralel olarak ürünü satın almaktan vazgeçenlerin oranı,

olarak alınmaktadır[20] ve bu faktörler sırasıyla α , δ , θ , σ , β notasyonları ile tanımlanmaktadır.

Bu bölümde ilk olarak, Bölüm 2.4 de ele alınıp incelenen, firmanın yaptığı satışlardan sağladığı net geliri, bir birim ürünün kontrolünden ve ürünün nihai kontrolden geçmeden bozuk olarak piyasaya intikâl etmesi halinde sebebiyet vereceği zarardan kaynaklanan maliyetleri de dikkate alarak formüle edip beklenen değerini bulmaya çalışacağız. Daha sonra problemi bir kuyruk modeli olarak ele alıp beklenen kazancı optimum yapan, örnekteki kabul edilebilir bozuk mal sayısının optimum değerini ve optimum kusurlu oranını bulacağız.

3.2 Kalite Kontrol Örneklerinin Oluşturulması ve Kazancın Beklenen Değerini İfade Eden İlişkinin Formüle Edilmesi

Bir firmanın ürettiği mamullerin içinde kusurlu olanların oranı bir rasgele değişken olarak düşünülen p ve olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(p)$ olsun. Nihai kontrole tabi tutulan ürünün toplam ürün içindeki oranı A ile ifade edilsin; bir başka deyişle ürün sayısı x ise Ax kadarı nihai kontrolden geçirilsin. Burada $0 < A \leq 1$ olacağı açıktır. Nihai kontrol esnasında kusurlu bulunanlar ıskartaya

çıkarılsınlar, bunlar için kusurları giderilerek piyasaya sürülmeleri gibi bir durum söz konusu olmasın. Bir birimin kontrolü için yapılan harcama $C_1[q(t)]$, nihaî kontrolden geçmeden piyasaya sürülen bir birimin neden olduğu zarar ise $C_s[q(t)]$ ile gösterilsin. Söz konusu zarar ekstra servis, tamir, yenileme, müşteri kaybına neden olma, firmayı tazminat ödemeye mecbur bırakma bileşenlerinin herhangi birinden veya bir kombinezonundan oluşabilir.

Nihaî kontrolden geçirilen Ax adet üründen bozuk olanların sayısı r veya daha az ise arzu edilen kalite seviyesinin tutturulduğu varsayıлып bozuk olduğu tespit edilenlerin dışındaki ürünün tamamı piyasaya sürülsün. Aksi takdirde ürünün tamamı nihaî kontrolden geçirilsin. $C(x, p)$ ile kusurlu oranı p olan x adet ürünün $y \leq r$ iken Ax kadarının nihaî kontrolden geçirilmesinden ve bu kontrolden geçmeden piyasaya sürülen kusurlu ürünlerden kaynaklanan veya $y > r$ iken ürünün tamamının kontrolünden kaynaklanan toplam maliyeti gösterelim. y , örnekteki kusurlu ürünlerin sayısı olmak üzere,

$$C(x, p) = \begin{cases} Ax C_1 + (x - Ax) p C_s, & y \leq r \\ x C_1 & , y > r \end{cases} \quad (3.1)$$

dir. Bir adet ürünün satışından elde edilen gelir π_1 ise,

$$\pi_1(t) = P[q(t)] - C_k[q(t)] - C_s[q(t)] - C_3(t)$$

dir. Burada $C_k[q(t)]$, kalite seviyesine bağlı olarak ortaya çıkan işletme içi bozuk mal maliyetini göstermektedir. Daha önce $C_1[q(t)]$ ile gösterilen işletme içi ve işletme dışı bozuk mal maliyeti burada,

$$C_1[q(t)] = C_k[q(t)] + C_s[q(t)]$$

şeklinde ifade edilmektedir. Benzer şekilde,

$$C_e[q(t)] = C_2[q(t)] - C_i[q(t)]$$

dir ve bu maliyet $q(t)$ kalite seviyesindeki bir birim ürün için nihai kontrol maliyeti hariç, diğer ölçme-değerleme ve koruma maliyetidir. $C_3(t)$ ise bir birim ürünün kalite ile ilgili maliyetler hariç olmak üzere imalat maliyetidir.

Buna göre firmanın $q(t)$ kalite seviyesine bağlı olarak satışlarından elde ettiği net geliri,

$$\begin{aligned} \pi(t) &= \pi_1(x - Axp) - [Ax C_i + (x - Ax) p C_s], \quad y \leq r \text{ ise} \\ &= \pi_1 x(1 - p) - x C_i, \quad y > r \text{ ise} \end{aligned}$$

dir. Ax büyüklüğündeki numunedeki kusurlu sayısının r den küçük olduğunun saptanması, buna bağlı olarak x adet ürün-den Ax adedinin kontroluyla yetinilip $(x - Axp)$ adet ürünün satışa sunulmasından veya kusurlu sayısının r den büyük olduğunun saptanması ve buna bağlı olarak x adet ürünün tamamını kontrol edip kusurlu olanlar ayıklandıktan sonra geri kalanların satışa sunulmasından elde edilecek kazancın beklenen değeri,

$$\begin{aligned} E[\pi(t) | x(t), p] &= [\pi_1(x - Axp) - [Ax C_i + (x - Ax) p C_s]] P(y \leq r) + \\ &+ [\pi_1 x(1 - p) - x C_i] P(y > r). \end{aligned}$$

ve $h(x)$, x in olasılık yoğunluk fonksiyonu olmak üzere

$$\begin{aligned} E[\pi(t) | p] &= \sum_x \{ [\pi_1(x - Axp) - [Ax C_i + (x - Ax) p C_s]] P(y \leq r) + \\ &+ [\pi_1 x(1 - p) - x C_i] P(y > r) \} h(x) \end{aligned}$$

$$=E[x(t)]\{\pi_1(1-Ap) - [AC_i + (1-A)pC_s]\}P(y \leq r) + \\ + [\pi_1(1-p) - C_i]P(y > r)\}. \quad (3.2)$$

olacaktır. Burada, kalite kontrol işleminden geçirilecek olanlar tesadüfi olarak seçilmek üzere Ax büyüklüğündeki bir örnekte m adet bozuk ürün olmasının ihtimali, parametreleri Ax ve p olan binom ihtimalidir. Şu halde

$$P(y \leq r) = \sum_{m=0}^x \binom{Ax}{m} p^m (1-p)^{Ax-m} \quad (3.3)$$

ve $P(y > r) = 1 - P(y \leq r)$ dir. Burada Ax tam sayıdır.

3.3 Kayıp ve Kazanç Debileri

Söz konusu firmanın ürünlerini kullanan kimselerden rakip firmalara kayışlar olabileceği gibi aksi de söz konusu olabilir. Birim zamanda firmanın kaybettiği müşterilerin sayısını kayıp debisi, kazandıklarının sayısını ise kazanç debisi olarak isimlendirelim. Gerek kayıp debisinin ve gerekse kazanç debisinin üretim miktarı x ile, dolayısıyla firmanın büyüklüğü ile orantılı olduğunu varsayalım.

Kayıplar, kusurlu ürünlerden kaynaklanan hoşnutsuzluklara ve tüketicinin tabiatında mevcut bulunan alternatif ürünlere yönelme eğilimine bağlı olarak ortaya çıksınlar ve bu eylemlere ait parametreler sırasıyla α ve δ olsun. Bu çerçevede dahilinde bir tek ürüne bağlı olarak vücut bulacak olan kayıp debisi,

$$\mu = \alpha(1-A)pP(y \leq r) + \delta\{P(y \leq r)[A(1-p) + (1-A)(1-p)] + \\ + P(y > r)(1-p)\}$$

$$= \alpha (1-A) p P(y \leq r) + \delta (1-p) . \quad (3.4)$$

ve x adet ürün için

$$x\mu = x[\alpha (1-A) p P(y \leq r) + \delta (1-p)] .$$

olacaktır.

Kazançlar; (i) reklama, firmanın rekabet gücüne, verilen garantilere, servis sisteminin dinamizmine, diğer firmalardan gelen müşterilere, (ii) kusursuz ürüne ulaşım hoşnutluğunu dile getiren alıcıların çevrelerinde oluşturduğu olumlu ortam ile, (iii) kusurlu ürünü alanların oluşturdukları olumsuz ortam arasında ve firma lehine olarak ortaya çıkan farka bağlı olarak gündeme geleceklerdir. Bu eylemlere ait parametreler sırasıyla θ , σ ve β olsun. Bu durumda bir tek ürüne bağlı olarak vücut bulacak olan kazanç debisi,

$$\begin{aligned} \lambda &= \theta + \sigma [(A - Ap)(1) + (1 - A)(1 - p)] P(y \leq r) + \\ &\quad + \sigma [(1 - p) P(y > r)(1)] - \beta (1 - A) p P(y \leq r) \\ &= \theta + \sigma (1 - p) - \beta (1 - A) p P(y \leq r) . \end{aligned} \quad (3.5)$$

ve x adet ürün için,

$$x\lambda = x[\theta + \sigma (1 - p) - \beta (1 - A) p P(y \leq r)] .$$

dir. Bu oluşum bize, kayıp olayını servis olayı, kazanç olayını varış olayı olarak düşünmemiz halinde, probleme, varış ve servis debileri lineer olan bir kuyruk problemi olarak bakma imkânını tanıyacaktır[21].

3.4 Varış ve Servis Debileri Lineer Olan Kuyruk Modelleri İçin Sistemde Bulunan Eleman Sayısının Beklenen Değerinin Bulunması

Sistemde bulunan eleman sayısını, sistemin durumunu betimleyen bir unsur olarak değerlendirelim ve sistemde x adet eleman varsa sistemin E_x durumunda olduğunu söyleyelim. Birim zamanda sisteme dahil olan eleman sayısına varış debisi, sistemden hizmet görerek ayrılan eleman sayısına ise servis debisi denilmektedir. Varış ve servis debileri sabit olabileceği gibi değişken de olabilir. İkinci durumun söz konusu olduğunu ve sistem E_x durumunda iken λ_x ve μ_x ile gösterildiklerini varsayalım. Sistemin E_x durumundan geçebileceği durumların sayısının ikiden fazla olabileceğini söyleyebiliriz. Öte yandan bir durumdan bir başka duruma geçiş için gerekli olan h süresini yeterince küçük seçmek suretiyle geçişin ancak komşu durumlara olmasını sağlayarak, aksini imkânsız kılabiliriz. E_x durumunda olan sistemin $(t, t+h)$ aralığında E_{x+1} durumuna geçebilmesinin olasılığının $\lambda_x h + o(h)$, E_{x-1} durumuna geçebilmesinin olasılığının $\mu_x h + o(h)$ olacağını söyleyebiliriz. Burada $o(h)$ ile h aralığında birden fazla değişiklik olmasının olasılığı gösterilmektedir. $o(h)$, $\lim_{h \rightarrow 0} [o(h)/h] = 0$ özelliğini gerçekleyen bir fonksiyondur. E_0 dan ancak E_1 e geçiş söz konusu olacaktır[22].

Şimdi bu modele ait diferensiyel-diferens denklem sistemini oluşturalım. $t+h$ anında sistemde x (>0) eleman bulunmasının olasılığı, ikişer ikişer bağdaşmaz şu üç olayın olasılığının toplamından ibarettir.

- (i) t anında sistemde x eleman vardır, h süresinde gelen müşteri yoktur, servisi tamamlanan müşteri yoktur.
- (ii) t anında sistemde $x-1$ eleman vardır, h süresinde bir müşteri gelmektedir, servisi tamamlanan müşteri yoktur.
- (iii) t anında sistemde $x+1$ eleman vardır, h süresinde

gelen müşteri yoktur, bir müşterinin servisi tamamlanmaktadır.

Bu üç olasılığı, h süresinin birden fazla olayın gerçekleşmesine olanak tanımayacak kadar küçük olduğunu gözönünde bulundurarak toplayalım.

$$\begin{aligned} P_x(t+h) = & P_x(t) (1-\lambda_x h) (1-\mu_x h) + \\ & + P_{x-1}(t) (\lambda_{x-1} h) (1-\mu_{x-1} h) + \\ & + P_{x+1}(t) (1-\lambda_{x+1} h) (\mu_{x+1} h) . \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_x(t+h) = & P_x(t) (1-\lambda_x h - \mu_x h) + P_{x-1}(t) (\lambda_{x-1} h) + \\ & + P_{x+1}(t) (\mu_{x+1} h) + o(h) . \end{aligned} \quad (3.6)$$

Benzeri tarzda hareketle $x=0$ için,

$$\begin{aligned} P_0(t+h) = & P_0(t) \{ (1-\lambda_0 h) 1 \} + P_1(t) (\mu_1 h) (1-\lambda_1 h) \\ & = P_0(t) (1-\lambda_0 h) + P_1(t) \mu_1 h + o(h) . \end{aligned} \quad (3.7)$$

yazılabilir. (3.6) da $P_x(t)$, (3.7) de $P_0(t)$ eşitliğin sol tarafına geçirilir, her iki yan h ile bölündükten sonra $h \rightarrow 0$ için limite geçilir ve $\lim_{h \rightarrow 0} [o(h)/h] = 0$ olduğu gerçeği gözönünde bulundurulursa aşağıdaki diferensiyel-diferens denklem sistemi elde edilir.

$$\begin{aligned} P'_x(t) = & -(\lambda_x + \mu_x) P_x(t) + \lambda_{x-1} P_{x-1}(t) + \mu_{x+1} P_{x+1}(t) \\ P'_0(t) = & -\lambda_0 P_0(t) + \mu_1 P_1(t) . \end{aligned}$$

Bu denklemlerde $\lambda_x = \lambda x$, $\mu_x = \mu x$ konulursa,

$$P'_x(t) = -(\lambda + \mu) x P_x(t) + \lambda (x-1) P_{x-1}(t) + \mu (x+1) P_{x+1}(t) \quad (3.8)$$

$$P'_0(t) = \mu P_1(t) \quad (3.9)$$

bulunur. Şimdi, sistemde t anında bulunması olası elemanların sayısının beklenen değerini $E[x(t)]$ ile gösterelim.

$$E[x(t)] = \sum_{x=0}^{\infty} x P_x(t) \quad (3.10)$$

dir. (3.8) in her iki yanını x ile çarpıp $x=1, 2, \dots$ için taraf tarafa toplayalım.

$$\begin{aligned} E_t[x(t)] &= \sum_{x=1}^{\infty} x P'_x(t) \\ &= -(\lambda + \mu) \sum_{x=1}^{\infty} x^2 P_x(t) + \lambda \sum_{x=1}^{\infty} x(x-1) P_{x-1}(t) + \mu \sum_{x=1}^{\infty} x(x+1) P_{x+1}(t) \\ &= -(\lambda + \mu) \sum_{x=1}^{\infty} x^2 P_x(t) + \lambda \sum_{x=0}^{\infty} x(x+1) P_x(t) + \mu \sum_{x=1}^{\infty} x(x+1) P_{x+1}(t) \\ &= -\mu \sum_{x=1}^{\infty} x^2 P_x(t) + \lambda \sum_{x=0}^{\infty} x P_x(t) + \mu \sum_{x=1}^{\infty} x(x+1) P_{x+1}(t) \\ &= -\mu \sum_{x=0}^{\infty} (x+1)^2 P_{x+1}(t) + \lambda E[x(t)] + \mu \sum_{x=1}^{\infty} x(x+1) P_{x+1}(t) \\ &= -\mu \sum_{x=0}^{\infty} (x+1) P_{x+1}(t) + \lambda E[x(t)] = (\lambda - \mu) E[x(t)] . \end{aligned}$$

dir. Buradan,

$$E[x(t)] = ce^{(\lambda - \mu)t}$$

bulunur. $E[x(0)] = i$ ise,

$$E[x(t)] = ie^{(\lambda - \mu)t}$$

olacaktır[23]. (3.4) ve (3.5) de bir tek ürün için oluşturulan kayıp ve kazanç debilerini burada yerine koyarak,

$$E[x(t)] = i \cdot \exp\{[\theta + (\sigma - \delta)(1-p) - (\alpha + \beta)(1-A)pP(y \leq r)]t\} \quad (3.11)$$

elde edilir.

3.5 Kazancın Beklenen Değerinin Maksimum Kılınabilmesi Amacıyla $P(y \leq r)$ nin ve Buna Bağlı Olarak r Değerinin ve p Kusurlu Oranının Optimumunun Belirlenmesi

p kusurlu oranının dejenere olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahip olduğu varsayılın. $f(p)$, $p = p_0$ da tek bir kütle noktasına sahiptir ve

$$f(p) = \begin{cases} 1 & , \quad p = p_0 \\ 0 & , \quad p \neq p_0 \end{cases}$$

dır. $p = p_0$ iken

$$E[\pi(t)] = \sum_{p=p_0} E[\pi(t) | p] f(p) = E[\pi(t) | p_0]$$

dır. Gösterilimde basitlik sağlamak amacıyla p_0 yerine p ve $P(y \leq r) = v$ yazarsak, (3.2) den

$$\begin{aligned}
E[\pi(t)] &= E[x(t)] \{ \pi_1(1-Ap) - [AC_i + (1-A)pC_s] \} v + \\
&\quad + E[x(t)] \{ \pi_1(1-p) - C_i \} (1-v) . \\
&= E[x(t)] \{ (1-A) (\pi_1 p + C_i - pC_s) v + \pi_1(1-p) - C_i \} .
\end{aligned}$$

olur. Burada, $E[x(t)]$ nin kayıp ve kazanç debileri cinsinden (3.11) de verilen değeri yerine konulursa,

$$\begin{aligned}
E[\pi(t)] &= i [(1-A) (\pi_1 p + C_i - pC_s) v + \pi_1(1-p) - C_i] * \\
&\quad * \exp[\{ \theta + (\sigma - \delta)(1-p) - (\alpha + \beta)(1-A)p v \} t] . \quad (3.12)
\end{aligned}$$

elde edilir. (3.12) de

$$\begin{aligned}
a &= (1-A)(p\pi_1 + C_i - pC_s) \\
b &= \pi_1(1-p) - C_i \\
c &= (1-A)(\alpha + \beta)p \\
d &= \theta + (\sigma - \delta)(1-p)
\end{aligned}$$

yazalım. Buradan,

$$E[\pi(t)] = i(av+b) e^{(-cv+d)t} \quad (3.13)$$

olur.

$$\frac{dE[\pi(t)]}{dv} = i e^{(-cv+d)t} [a - actv - bct] = 0$$

bağıntısından

$$v^* = \frac{a-bct}{act} \quad (3.14)$$

ve

$$\left. \frac{d^2 E[\pi(t)]}{dv^2} \right|_{v=v^*} = -i a c t e^{(-c v^* + d) t} \quad (3.15)$$

elde edilir. Şimdi, kazancın beklenen değerini optimum yapan örnekteki bozuk mal sayısının üst sınırının optimum değeri olan r^* büyüklüğünü, $v^* = P(y \leq r^*)$ değerinin $v^* = 0$, $0 < v^* < 1$, $v^* = 1$ durumlarını ele alarak tespit etmeye çalışalım. Burada $0 < A < 1$ dir ve $c > 0$ olacağı aşikârdır. Ayrıca bir birim ürünün satışından temin edilmesi beklenen kâr, kusuruna bağlı olarak firma için doğuracağı zarardan fazla ise, her $C_i > 0$ için $a = p(\pi_1 - C_s) + C_i > 0$ dir.

(i) $v^* = \frac{a - b c t}{a c t} = 0$ olması $a - b c t = 0$, yani

$k = p\pi_1 + C_i - pC_s$ ve $1 = (\alpha + \beta) p t$ olmak üzere $k = b l$ olmasıyla mümkün olacaktır. $v^* = 0$ olması $v = P(y \leq r) = 0$ olmasını gerektirir. $v = 0$ bağıntısı örneğin reddedilmesi, dolayısıyla ürünün tamamının kontrol edilmesinin gerektiği anlamına gelir. Bu durumda firmanın satışlarından beklenen kâr, (3.13) den,

$$\begin{aligned} E[\pi(t)] &= i b e^{d t} \\ &= i [\pi_1 (1 - p) - C_i] \exp\{[\theta + (\sigma - \delta) (1 - p)] t\}. \end{aligned}$$

olur. $P(y \leq r) = 0$ olması, kârın pozitif kalmasına tek başına engel olabilecek bir durum olamayacağı için, buradan $b > 0$ olacağı sonucuna ulaşırız.

(ii) $0 < v^* < 1$ halini ele alalım. Bu durumda,

$$0 < \frac{a - b c t}{a c t} < 1, \quad a c > 0$$

$$0 < a - b c t < a c t$$

olacaktır. $0 < a - bcl$ ilişkisinden $k > bl$, $a - bcl < act$ ilişkisinden ise,

$$A < 1 - \frac{k - bl}{kl} = \frac{(\pi_1 - pC_s) l - k}{kl} .$$

sonucuna ulaşılır. Bu koşullar altında örnekteki kabul edilebilir bozuk mal sayısının optimum değeri r^* ,

$$P(y \leq r^*) = v^* = \sum_{i=0}^{r^*} C(Ax, i) p^i (1-p)^{Ax-i}$$

bağıntısından çözülür.

(iii) $v^* = 1$ olması,

$$A = 1 - \frac{k - bl}{kl} = \frac{(\pi_1 - pC_s) l - k}{kl}$$

olmasını gerektirecektir. $P(y \leq r^*) = v^* = 1$ ilişkisi, örnekteki kabul edilebilir bozuk mal sayısının optimum değerinin $r^* = Ax$, dolayısıyla $r = Ax$ olarak alınmasını gerektirecektir.

x adet mamul içinden seçilen Ax adet örneğin büyüklüğünü belirlemek amacı ile kullanılan A oranının $0 < A \leq 1$ olduğu söylenmişti. Aşağıda $A \neq 1$ ve $A = 1$ durumları için beklenen kazancı optimum yapan v değerini tespit edeceğiz ve kârın beklenen değerinin v den bağımsız olması halinde optimum kusurlu oranını bulacağız.

I.a) $A \neq 1$ iken, yani ürünün tamamının nihai kontrolden geçirilmemesi söz konusu iken $c > 0$ olacağı aşîkârdır. Öte yandan bir birim ürünün satışından temin edilmesi umulan kâr, kusuruna bağlı olarak firma için doğuracağı zarardan fazla ise, yani $\pi_1 - C_s > 0$ ise, her $C_i > 0$ için,

$$p\pi_1 + C_i - pC_s = p(\pi_1 - C_s) + C_i > 0$$

dır ve $v=v^*$ için $d^2E[\pi(t)]/dv^2 < 0$, dolayısıyla $E[\pi(t)]$ maksimum olacaktır.

b) $A \neq 1$ ise, yani ürünün tamamı kontrolden geçirilmiyorsa ve $p(\pi_1 - C_s) + C_i < 0$ ise $a < 0$ ve $v=v^*$ için $d^2E[\pi(t)]/dv^2 > 0$, dolayısıyla $E[\pi(t)]$ minimum değerine ulaşacaktır. Bunun anlamı ise $E[\pi(t)]$ nin maksimum değerine $v=0$ veya $v=1$ noktasında ulaşmasıdır.

$$E[\pi(t)]|_{v=1} = i(a+b)e^{(-c+d)t}$$

$$E[\pi(t)]|_{v=0} = ibe^{dt}$$

olmak üzere,

$$\frac{E[\pi(t)]|_{v=1}}{E[\pi(t)]|_{v=0}} = \frac{a+b}{b}e^{-ct}$$

dir. $a < 0$ olması sebebiyle $a+b < b$ ve (i)'den ($b > 0$), dolayısıyla $(a+b)/b < 1$ dir. $c > 0$, $t > 0$ olması sebebiyle, $e^{-ct} < 1$ dir. Öyleyse,

$$\frac{E[\pi(t)]|_{v=1}}{E[\pi(t)]|_{v=0}} < 1$$

olacaktır. Dolayısıyla $E[\pi(t)]$ maksimum değerine $v=0$ da ulaşacaktır.

c) $A=1$ ise, yani ürünün tamamı kontrolden geçiyorsa $a=c=0$ ve

$$E[\pi(t)] = i b e^{dt}$$

olacaktır. Bunun anlamı kârın beklenen değerinin v den bağımsız olmasıdır.

Bu durum için $p=p_0$ ın seçimine bağlı olarak $E[\pi(t)]$ nin izleyeceği yolu inceleyelim.

$$\begin{aligned} \frac{dE[\pi(t)]}{dp} &= i \{ -\pi_1 - [\pi_1(1-p) - C_i] (\sigma - \delta) t \} * \\ &\quad * \exp\{ [\theta + (\sigma - \delta)(1-p)] t \}. \end{aligned}$$

dir.

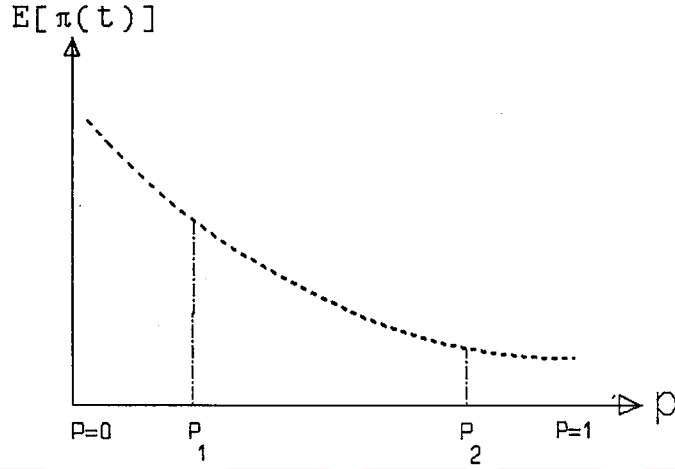
1°) $\sigma - \delta > 0$ ise $dE[\pi(t)]/dp < 0$, dolayısıyla $E[\pi(t)]$ monoton azalacak ve maksimum değerini $p=0$ da, minimum değerini $p=1$ de alacaktır. Öte yandan $A=1$ olması, yani p nin değerinin ürünün tamamının kontrol edilmesini gerektirecek bir seviyeye ulaşmış bulunması sebebiyle $p > 0$ olması kaçınılmazdır. Ayrıca $p=1$ hali, en azından uygulamada rastlanması olası olmayan bir duruma tekabül etmektedir ve bu nedenle incelenmesine gerek olmadığı söylenebilir. Bu çerçevede, p nin bir p_1 değerinden küçük, bir p_2 değerinden büyük olamayacağı varsayılırsa, bir başka deyişle $0 < p_1 < p < p_2 < 1$ ile ifade edilen bir kabulde bulunulursa

$$\begin{aligned} \max E[\pi(t)] &= i [\pi_1(1-p_1) - C_i] * \exp\{ [\theta + (\sigma - \delta)(1-p_1)] t \}. \\ \min E[\pi(t)] &= i [\pi_1(1-p_2) - C_i] * \exp\{ [\theta + (\sigma - \delta)(1-p_2)] t \}. \end{aligned}$$

olacağı söylenebilir. Öte yandan

$$\begin{aligned} \frac{d^2 E[\pi(t)]}{dp^2} &= i (\sigma - \delta) t \{ 2\pi_1 + [\pi_1(1-p) - C_i] (\sigma - \delta) t \} * \\ &\quad * \exp\{ [\theta + (\sigma - \delta)(1-p)] t \} \end{aligned}$$

olup $\sigma - \delta > 0$ iken $d^2E[\pi(t)]/dp^2 > 0$ olması nedeniyle $E[\pi(t)]$ monoton azalan konveks bir fonksiyon olacaktır(Şekil:3-1).



Şekil:3-1 $\sigma - \delta > 0$ için p ile $E[\pi(t)]$ arasındaki ilişki

2°) $\sigma - \delta < 0$ ise $dE[\pi(t)]/dp = 0$ denklemini çözmek mümkün olacaktır. Bu denklemden

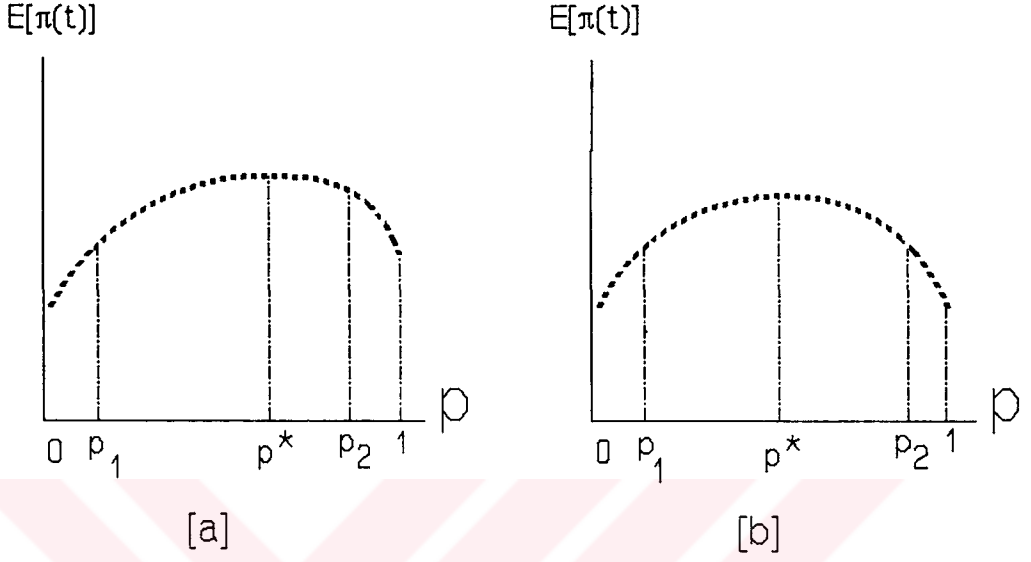
$$p^* = 1 - \frac{1}{\pi_1} \left[C_i - \frac{\pi_1}{(\sigma - \delta) t} \right]$$

bulunur. Burada $0 < \frac{1}{\pi_1} \left[C_i - \frac{\pi_1}{(\sigma - \delta) t} \right] < 1$ dir.

$$\frac{d^2E[\pi(t)]}{dp^2} \Big|_{p=p^*} = i\pi_1(\sigma - \delta) t \exp\{[\theta + (\sigma - \delta)(1 - p^*)] t\} < 0$$

dır. Bunun anlamı $p = p^*$ da $E[\pi(t)]$ nin maksimum olması, minimum değerine ise p nin $(0,1)$ aralığında olması olası

uç noktalarından birinde (veya ikisinde) ulaşmasıdır. (Şekil:3-2).



Şekil:3-2 $\sigma-\delta < 0$ için p ile $E[\pi(t)]$ arasındaki ilişki

BÖLÜM 4. STOKASTİK SÜREÇLER TEORİSİNİN ÜRETİM SÜRECİNE UYGULANMASI

4.1 Üretim veya Talep Miktarındaki Değişimin Stokastik Süreçler Teorisi ile Açıklanması

Bu bölümde, $q(t) \in [0,1]$ kalite seviyesindeki $D[q(t)]$ talep (veya üretim) miktarının bir $[a,b]$ aralığında değiştiğini, üretilenin satıldığını, stok probleminin olmadığını, üretim miktarının talep miktarına kolayca adapte edilebildiğini varsayacağız; dolayısıyla üretim miktarı ve talep miktarı ifadelerini birbirlerinin yerine kullanabileceğiz. Talep ve dolayısıyla üretim miktarı, zaman içerisinde değişiklikler arz eden kalite seviyesinin bir fonksiyonu olarak düşünülebilir. Maliyetler de pek çok değişikliklerle ve gelişmelerle yüklü zamanın fonksiyonudurlar. Öğelerinin arz ettiği bu yapılanma, zamana karşı takındıkları bu tavır, üretim sürecinin bir stokastik süreç olarak düşünülüp değerlendirilmesine olanak tanır.

Stokastik süreçler, işletme faaliyetlerinin analizinde yöneticilere yol gösterme işinde kantitatif bir yöntem sıfatıyla yardımcı olmaktadır. Çağdaş yönetim tekniklerinin vücut bulup gelişmesinde, yöneylem başlığı altında toplanması olası çalışmaların verimliliğinin artmasında, küçümsemeyecek bir fonksiyon üstlenmektedir.

Bu bölümde, yeterince küçük bir Δt süresinde üretim miktarında gerçekleşen bir birimlik artma ve azalma olaylarının olasılıklarını formüle edip durum uzayını üretim miktarı ile eş tutmak suretiyle, kesikli Markov zincirlerinin başarıyla uygulanıp neticeler alınabildiği sahalardan biri olan doğum-ölüm zincirlerini devreye sokacak, üretim miktarının talebe denk olarak ve bir $[a,b]$ aralığında seyrettiği

problemler için, $a \leq x \leq d$ olmak üzere halen x olan üretim miktarının c ye gerilemesinin d ye ulaşmasından önce gerçekleşmesinin olasılığını formüle edeceğiz. Bu formülü Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. den elde ettiğimiz verilere uygulayacak, muhtelif kalite kabul seviyeleri ve kusurlu oranları için bu olasılıkları hesaplayacağız.

4.2 Δt Süresinde Üretim Miktarında Meydana Gelen Bir Birimlik Azalma ve Artma Olaylarına Ait Olasılıkların Oluşturulması

Bölüm 3.1 de sözü edilen, talebi ve dolayısıyla üretim miktarını etkileyen faktörleri gözönüne alarak, üretim miktarında bir birimlik azalma ve artma olması ya da değişme olmaması olasılıklarını yazalım[20].

x adet mamul madde içeren bir yığındaki kusurlu olanların oranının p olduğunu varsayalım. n adedinin kontrol edilmesi, kusurlu bulunanların sayısının bir r değerinden daha büyük olmaması durumunda, bu n adet ürünün kontrolüyle yetinip geriye kalan $x-n$ adet ürünün kontrol edilmeden piyasaya sürülmesi, kusurluların sayısının r değerini aşması halinde ise tamamının kontrol edilip kusurluların ayıklanması, sağlamların piyasaya sürülmesi esasına dayalı bir kalite kontrol programının yürürlükte olduğunu varsayalım.

$y \leq r$ ise üretilen mamullerden kontrol edilmeden piyasaya sürülenlerin sayısı $(x-n)$, bunların içerisinde kusurlu olanların sayısı ise $(x-n)p$ olacaktır. Öte yandan $y > r$ ise piyasaya çıkan kusurlu ürün sayısı sıfırdır. Öyleyse Δt gibi küçük bir zaman aralığında bir müşteri kaybetmenin olasılığı, iki bileşenin fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Bunlardan birincisi kusurlu malı kullanıp hoşnutsuz olanlar, dolayısıyla bir yenisini almaktan vazgeçenlerdir; buna ait olasılık $\alpha(x-n)pP(y \leq r)\Delta t$ dir. İkincisi ise $\delta(x-xp)\Delta t$ ile ifade edilen ve mevcut müşterinin o ürünün benzeri olan bir başka ürüne kaymasını vurgulayan olasılıktır. Buradan,

talep veya üretim miktarındaki bir birimlik azalmanın olasılığı,

$$P(\Delta x = -1) = \alpha (x-n) p P(y \leq r) \Delta t + \delta (x-xp) \Delta t \quad (4.1)$$

şeklinde ifade edilebilir. n , x 'e kıyasla yeterince küçük ise ihmal edilebilir. Bu durumda,

$$P(\Delta x = -1) \approx \alpha xp P(y \leq r) \Delta t + \delta x(1-p) \Delta t \quad (4.2)$$

olur. Burada,

$$P(y \leq r) = \sum_{m=0}^r C(n, m) p^m q^{n-m} \quad (4.3)$$

dir.

$\theta \Delta t$, Bölüm 3.1 de bahsedilen reklam, satıcı itibarı, garantiler, iyi servis ve alıcıların rakip firmalardan bu firmaya yönelmeleri sonucu, talepteki artmanın olasılığıdır. $y \leq r$ ise Δt zaman diliminde kontrol edilen n adet üründen $y = np$ tanesi kusurlu olduğundan, kusurlular sağlamlardan ayrılacak ve kontrol edilen n adet üründen $n - np$ tanesi ile birlikte, kontrol edilmeyen $x - n$ tanesi piyasaya sürülecektir. Bu $x - n$ tane mamul içerisinde sağlam olanlar müşteri reklamını olumlu yönde, bozuk olan $(x - n)p$ tanesi ise müşteri reklamını olumsuz yönde etkileyeceklerdir. $y \leq r$ ise kontrol edilenlerden piyasaya intikâl ettirilen sağlam ürünlerin sayısının beklenen değeri $n - np$, kontrol edilmeden piyasaya sürülen sağlam ürünlerin sayısının beklenen değeri $(x - n)(1 - p)$ ve sağlam ürüne ulaşan müşterinin talebi olumlu yönde etkilemesinin olasılığı,

$$\sigma [(n - np)(1) + (x - n)(1 - p)] P(y \leq r) \Delta t$$

dir. $y > r$ olması halinde ürünün tamamı kontrol edilip, kusurlular ayıklanıp sağlamlar piyasaya sürüldüğünden müşteri reklamı yine olumlu yönde olacaktır ve bu gelişme talepdeki artışı,

$$\sigma(x-xp) P(y > r) \Delta t$$

olasılığıyla etkileyecektir.

$y \leq r$ ise ürünün tamamı kontrol edilmeyecek, piyasaya sürülecek kusurlu ürünlerin sayısının beklenen değeri $(x-n)p$ olacaktır. Bunların her biri kullanıcıların düşüncesini olumsuz yönde etkileyeceğinden, β katsayısı ile orantılı olduğu varsayılan bu olumsuzluk, Δt zaman diliminde,

$$\beta(x-n)pP(y \leq r) \Delta t$$

olasılığıyla talepdeki artışı negatif yönde etkileyecektir. Δt zaman diliminde üretim miktarında (veya talep miktarında) bir birimlik artış gerçekleşmesinin olasılığı,

$$P(\Delta x = +1) = \theta \Delta t + \sigma[(n-np)(1) + (x-n)(1-p)]P(y \leq r) \Delta t + \\ + \sigma[(x-xp)P(y > r)(1)] \Delta t - \beta(x-n)pP(y \leq r) \Delta t .$$

$$= \theta \Delta t + \sigma(x-xp)[P(y \leq r) + P(y > r)] \Delta t - \\ - \beta(x-n)pP(y \leq r) \Delta t .$$

$$= \theta \Delta t + \sigma(x-xp) \Delta t - \beta(x-n)pP(y \leq r) \Delta t \quad (4.4)$$

dir. Örnek büyüklüğünün yeterince küçük olması halinde üretim miktarının bir birim artmasının olasılığı,

$$P(\Delta x = +1) = \theta \Delta t + \sigma x(1-p) \Delta t - \beta xpP(y \leq r) \Delta t \quad (4.5)$$

olur. Öte yandan,

$$P(\Delta x=0)=1-P(\Delta x=+1)-P(\Delta x=-1) \quad (4.6)$$

olacağı bellidir.

4.2.1 Üretim Miktarındaki Bir Birimlik Değişimin Doğum ve Ölüm Zinciri İle Açıklanması

Üretim miktarında Δt süresinde bir birimlik artma veya bir birimlik azalma veya değişiklik olmama olaylarının Bölüm 4.2 de formüle ettiğimiz olasılıklarını kullanarak bir doğum-ölüm zinciri oluşturabiliriz.

Talep miktarına (veya üretim miktarına) denk kılınmış olan durum uzayını $S=\{A, \dots, a, \dots, b, \dots, B\}$ ile gösterelim. Firmanın faaliyetini sürdürebilmesi için talebin bir sınırın altına düşmemesi gerekir. Bu sınır burada A ile ifade edilmiştir. Üretim miktarının değiştiği aralığı alt aralıklara ayırıp bunların her biri ile özel olarak ilgilenecek olursak, A değerini ilgi alanımız içerisinde kalan üretim miktarının alt sınırı olarak da düşünebiliriz. İlgi alanımız içerisinde kalan zaman diliminde, talebin bir sınırdan öteye geçmesinin söz konusu olmadığını varsayabiliriz. Bu sınır burada B ile ifade edilmiştir. Yeterince küçük bir Δt süresinde üretim miktarında ortaya çıkması olası bir birimlik değişim olgusu; $P(\Delta x=-1)=q_x$, $P(\Delta x=+1)=p_x$, $P(\Delta x=0)=r_x$ olmak üzere geçiş olasılık fonksiyonu,

$$P(x, y) = \begin{cases} q_x, & y=x-1 \\ r_x, & y=x \\ p_x, & y=x+1 \end{cases} \quad (4.7)$$

olan bir doğum ve ölüm zinciri oluşturur. Buradaki q_x , p_x , r_x olasılıkları sırasıyla (4.1), (4.4) ve (4.6) daki olasılıklardır. x üretim miktarı ile birlikte ele alınan a ve

b sınır değerleri için $a < b$ ve $a, b \in S$ ilişkileri geçerlidir. Burada $q_a = p_b = 0$ varsayılacaktır.

İlk olarak, $a \leq x < b$ olmak üzere x birim ile üretime başlayan firmanın zaman içinde a birim üretmesinin b birim üretmesinden önce gerçekleşmesi olasılığını hesaplayalım. Bu olasılığı,

$$u(x) = P_x(T_a < T_b) , \quad a \leq x < b \quad (4.8)$$

şeklinde gösterelim[5]. $u(a) = 1$, $u(b) = 0$ dır.

$u(x)$ olasılığını hesaplamak için, sözü geçen doğum ve ölüm zincirinin y üretim miktarı ile başladığını ve sırasıyla q_y , r_y veya p_y olasılıklarıyla birim zamanda (bir adımda) $y-1$, y veya $y+1$ e gittiğini varsayalım. Buradan,

$$u(y) = q_y u(y-1) + r_y u(y) + p_y u(y+1) , \quad a \leq y < b \quad (4.9)$$

yazabiliriz ve $r_y = 1 - p_y - q_y$ den,

$$u(y) = p_y [u(y+1) - u(y)] + q_y [u(y-1) - u(y)] + u(y)$$

ve

$$u(y+1) - u(y) = \frac{q_y}{p_y} [u(y) - u(y-1)] , \quad a \leq y < b \quad (4.10)$$

çıkar. y nin, ele alınıp incelenen problem için bir $v-1$ değerinden daha küçük olması imkân dahilinde bulunmasın. $\Gamma_{v-1} = 1$ olsun.

$$\Gamma_y = \frac{q_v \cdot q_{v+1} \cdots q_y}{p_v \cdot p_{v+1} \cdots p_y} , \quad v-1 < y < d \quad (4.11)$$

yazalım. (4.10) dan

$$u(y+1) - u(y) = \frac{\Gamma_y}{\Gamma_{y-1}} [u(y) - u(y-1)] , \quad a \leq y < b$$

$$u(y+1) - u(y) = \frac{\Gamma_y}{\Gamma_a} [u(a+1) - u(a)]$$

elde edilir. Şu halde,

$$u(y) - u(y+1) = \frac{\Gamma_y}{\Gamma_a} [u(a) - u(a+1)] , \quad a \leq y < b \quad (4.12)$$

dir. (4.12) eşitliğini $y=a, \dots, b-1$ üzerinden toplayalım:

$$\frac{u(a) - u(a+1)}{\Gamma_a} = \frac{1}{\sum_{y=a}^{b-1} \Gamma_y}$$

dir. Şu halde (4.12) denklemini yeniden,

$$u(y) - u(y+1) = \frac{\Gamma_y}{\sum_{y=a}^{b-1} \Gamma_y} , \quad a \leq y < b \quad (4.13)$$

şeklinde yazabiliriz. Bu denklemi $y=x, \dots, b-1$ üzerinde toplar ve $u(b)=0$ olduğunu gözönünde bulundurursak,

$$u(x) = P_x(T_a < T_b) = \frac{\sum_{y=x}^{b-1} \Gamma_y}{\sum_{y=a}^{b-1} \Gamma_y} , \quad a \leq x < b \quad (4.14)$$

sonucuna varırız[5]. (4.14) denkleminin her iki tarafını 1 den çıkartmakla,

$$P_x(T_b < T_a) = \frac{\sum_{y=a}^{x-1} \Gamma_y}{\sum_{y=a}^{b-1} \Gamma_y}, \quad a \leq x < b \quad (4.15)$$

bulunur. $0 \leq P_x(T_a < T_b) \leq 1$ dir. Bu olasılığın büyük çıkması, üretim miktarının düşme eğilimi göstermesi demektir. Üretim miktarında talebe bağlı olarak ortaya çıkan düşüşler, muhtelif faktörlerin bir bileşeni olarak vücut bulurlar. Bu faktörler arasında, arzu edilir bir kalite seviyesinin tutturulamayışının yanında, özellikle yapacağımız uygulama açısından önem arzeden başka faktörler de mevcuttur.

4.3 Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. ne Ait Üretim Miktarı Verilerinin Doğum ve Ölüm Zincirine Uygulanması

Bu bölümde, Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. hakkında kısa bir bilgi verilecek, 1976-1986 yılları arasında DIII grubu sigorta buşonlarına ait üretim miktarlarını ifade eden sayıların, doğum-ölüm olasılıklarının hesaplanmasına imkân vermesini sağlayacak tarzda bir dökümü yapılacaktır.

4.3.1 Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. Hakkında Genel Bilgi

Binaların elektrik donanımlarında kullanılan bazı malzemeleri üreten Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş., araştırmamıza konu olan DIII sigorta buşonlarını, İstanbul Sefaköy'de kurulu fabrikasında üretmektedir.

Kaleporselen A.Ş., çeşit açısından geniş bir üretim yelpazesine ve son derece kapsamlı, iyi örgütlenmiş bir pazarlama sistemine sahip olup, piyasada iyi bir yeri

vardır. TSE (Türk Standardları Enstitüsü) ve IEC (International Electrotechnical Commission) ile VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) standardlarına uygun olarak üretim yapmaktadır.

Kaleporselen A.Ş. mamullerini Westinghouse-FANAL, LINDNER, KOPP Elektrotechnik-Elektronik, BRUNNQUELL GMBH, Bogenschutz GMBH firmalarının lisansı ile üretmektedir. Ayrıca Elektrik Mühendisleri Odası ile LLOYD's Register of Shipping kuruluşlarının kalite markasına sahiptir. Avrupa'da İngiltere, Almanya, İtalya, Yunanistan, İsveç; Ortadoğu'da İran, Suriye, Ürdün, Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri, Pakistan, Tayland; Afrika'da Etiyopya, Tunus, Fas, Mısır ile ihracata dayalı ticari bağlantıları vardır.

Kaleporselen Elektrotechnik Sanayi A.Ş. de talep veya üretim miktarı, elektrik enerjisi üretimi ile doğru orantılıdır. Ayrıca, konut üretimindeki artış ve dış pazarlarda yaşanan değişiklikler de talebi etkilemektedir. Türkiye'de genelde bir konutun inşaatı iki sene içerisinde tamamlanmaktadır. Elektrik malzemeleri ise bina inşaatında en son kullanılan malzemelerdendir. Bu nedenle, Kaleporselen A.Ş. de talebi tahmin etmek için iki sene önce inşaatına başlanılan binaların elektrik malzemesi gereksinimleri bir ölçü olarak alınmaktadır. Üretilen malzemenin teknik ömrü yaklaşık 10 sene olarak hesaplanmıştır. On sene geçtikten sonra yenilemenin başladığı varsayılmaktadır. Talep belirlenirken piyasa tahminlerine de bakılmakta, piyasa tahminleri yapılırken rakip firmaların yıllık ciroları ve potansiyelleri ile ilgili bilgilerden büyük ölçüde yararlanılmaktadır. Bu üretim sahasında rekabet çok önemlidir. Ayrıca dağıtım kanalında önemli rolü vardır. Bu işletmede tüketiciye yönelik reklam yoktur. Teknik yayınlar, sergiler, fuarlar vasıtasıyla reklam yapılmakta, üretilen malzeme tüketiciye değil, toptancılara satılmaktadır. İşletme, bayi sistemi ile çalışmaktadır.

Kaleporselen Elektrotechnik Sanayi A.Ş. de seri üretim

yapılmakta, yaklaşık sekiz yüz çeşit malzeme üretilmektedir. Biz bunlardan "D Sigortalar" adı altında gruplandırılan ve bu gruba dahil olan DIII sigorta buşonları ile ilgili verilerin analizini yapacağız.

4.3.2 Uygulama İçin Seçilen Ürünler ve Nitelikleri

Bu çalışmadaki teorik bilgilerin uygulaması için D sigortalar adı altında gruplanan eriyen telli alçak gerilim sigortalarını oluşturan ana parçalardan birisi olan buşonlar esas alınmıştır. D sigorta buşonları anma akımlarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır;

- DII, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A
- DIII, 35A, 50A, 63A
- DIV, 80A, 100A

Biz burada DIII sigorta buşonlarını, D sigorta buşonları içerisinde en fazla gereksinim duyulanı ve en fazla alternatifte sahip bulunanı olması sebebiyle diğerlerine tercih edecek, bu buşonlara ait verileri çalışmamızda kullanacağız.

D sigorta buşonları normal, gecikmeli ve çabuk olmak üzere üç değişik karakterde üretilmektedir. Çabuk D sigorta buşonları sipariş üzerine imâl edildiği için bunlar uygulamaya dahil edilmemiştir. Teorik bilgilerin uygulanmasında iç pazar ve dış pazar için seri üretim yapılan normal ve gecikmeli DIII sigorta buşonlarına ait veriler ele alınmıştır.

Ev ve benzeri yerlerde kullanılan eriyen telli alçak gerilim sigortaları (D Sigortalar) kapak, gövde, buşon, viskontak olmak üzere dört ana parçadan meydana gelmektedir.

D sigorta buşonlarının alternatififi otomatik sigorta

buşonlarıdır. Dışı plastik, iç malzemesi metal olan bu buşonlar diğerlerinden daha pahalı, ömrü daha uzun ve kapasitesi daha üstündür. Kaleporselen A.Ş. de 1982 den itibaren üretimine başlamıştır.

4.3.3 DIII Sigorta Buşonları İle İlgili Veriler

Bu çalışmadaki teorik bilgilerin uygulamaya aktarılması bakımından fabrikadaki kayıt sistemi kolaylık sağlamıştır. Uygulama için fabrikadan alınan veriler, Üretim Planlama ve Pazarlama Bölümü ile Kalite Kontrol ve Muhasebe Bölümlerinin ortak çalışmaları sonucu belirlenmiştir. DIII sigorta buşonlarına ait yıllık gerçekleşen üretim miktarları ile ilgili veriler 1976 dan itibaren kayıtlara geçirilmiş, ancak firmanın bilgisayar kullanımına geçtiği 1986 yılından sonra bazı yıllara ait veriler bilgisayar kayıtlarında bulunamamıştır. Bu nedenle 1976-1986 dönemine ait verilerin analizi ile yetinilecektir.

Kaleporselen A.Ş. de buşonu oluşturan parçaların her biri üretimleri esnasında kalite kontrolundan geçirilmekte, kusurlu olanlar ayıklanmakta, bu suretle nihai ürünün kalitesinin yüksek olmasını temin yolunda önemli bir adım atılmış olmaktadır. Üretim aşamasının sonunda, DII buşonlarının tamamı kontrol edilmekte, DIII ve DIV buşonları ise örnekleme yoluyla kalite kontroluna tabi tutulmaktadır.

Kullanılan parçaların kusurlu olmasına veya montaj işleminin normal seyrinden uzaklaşmasına bağlı olarak, D sigorta buşonlarında ortaya çıkan ve seçilen örnek üzerinde yapılan elektriksel deneylerle saptanan kusurlu oranları Tablo:4-1 de verilmiştir.

Kusurların genellikle erime telinin standard ölçülerde olmamasından veya presleme hatalarından kaynaklandığı görülmektedir.

Tablo:4-1
D sigorta buşonları için kusurlu oranları

D Sigortalar		p
DII	2-6 A	% 15-20
	10 A	% 8-10
	16 A	% 5-8
	20 A	% 5-8
	25 A	% 5-8
DIII	35-50-63 A	% 3-5
DIV	80-100 A	% 1-3

DIII grubu sigorta buşonları için 1976-1986 dönemine ait yıllık üretim miktarları ise Tablo:4-2 de verilmiştir.

Tablo:4-2
Kaleporselen Elektroteknik A.Ş. de DIII sigorta buşonlarının yıllık üretim miktarları

Yıllar	Üretim miktarı (adet/yıl)
1976	597575
1977	806225
1978	1314150
1979	1524950
1980	761725
1981	1101425
1982	2944781
1983	2108676
1984	1557480
1985	1201775
1986	1381267

Tablo:4-2 deki veriler aşağıdaki gibi analiz edilecektir.

4.4 DIII Sigorta Buşonları İle İlgili 1976-1986 Dönemine Ait Verilerin Analizi

Üretim miktarının tahmin edilen talep sınırları arasında kaldığı ve üretilen miktar kadar satıldığı varsayımı ile üretim miktarındaki bir birimlik artma ve bir birimlik azalma olasılıklarını, olayın bir doğum ve ölüm zinciri meydana getirdiğini düşünerek hesaplayacağız. Bu olasılıkların hesaplanmasında aşağıdaki yolu izleyeceğiz.

Araştırmamıza konu oluşturan zaman dilimi, üretimin arttığı yıllar ve azaldığı yıllar olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Birinci kısımda 1976, 1977, 1978, 1979, 1981, 1982, 1986 yılları, ikinci kısımda ise 1980, 1983, 1984, 1985 yılları yer almaktadır. 1976 senesinden 1977 senesine doğru görülen üretim artışı, 1976 dan 1977 ye uzanan zaman dilimi üzerinde realize ediliyor olarak düşünülmüştür. Tablo:4-3 de bu değerlendirme "Dönemler" sütununda "1976-1977" şeklinde vurgulanmıştır. Aynı tabloda,

- ΔD , bir yıldan diğerine günlük üretimde ortaya çıkan değişim miktarını (adet olarak),
- ΔG , bir günde üretimde ortaya çıkan değişim miktarını (adet olarak),
- Δt , üretim miktarında bir birimlik değişimin gerçekleşebilmesi için gerekli süreyi saat cinsinden,
- Δx , ait olduğu döneme ait günlük ortalama üretim miktarını (adet olarak),
- x , Δt süresinde gerçekleştirilen üretim miktarını (adet olarak),

göstermektedir. (+) işareti ile üretim artışı, (-) ile üretim azalışı olgusu vurgulanmaktadır.

ΔD , ardışık iki üretim yılında gerçekleştirilen üretim miktarları arasındaki farkın 300'e (bir takvim yılında 300 iş günü olduğu varsayılmıştır) bölünmesiyle elde

edilmiştir. $\Delta G = \Delta D / 300$, $\Delta t = 8 / \Delta G$, $x = \Delta x * \Delta t / 8$ bağıntıları ΔG , Δt ve x in hesaplanmasında kullanılmış, bir iş gününün 8 saat olduğu varsayılmıştır.

Tablo:4-3
Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. de 1976-1986
döneminde üretilen DIII sigorta buşonları ile ilgili
verilerin dökümü

Dönemler	±	ΔD	ΔG	Δt	Δx	x
1976-1977	+	695.500	2.31833	3.450755	2339.667	1009.202
1977-1978	+	1693.083	5.64361	1.417532	3533.958	626.187
1978-1979	+	702.667	2.34222	3.415560	4731.833	2020.232
1979-1980	-	2544.083	8.48028	0.943365	3811.125	449.410
1980-1981	+	1132.333	3.77444	2.119517	3105.250	822.704
1981-1982	+	6144.520	20.48173	0.390592	6743.677	329.253
1982-1983	-	2787.017	9.29006	0.861136	8422.428	906.607
1983-1984	-	1837.320	6.12440	1.306250	6110.260	997.691
1984-1985	-	1185.683	3.95228	2.024149	4598.758	1163.572
1985-1986	+	598.307	1.99436	4.011321	4305.070	2158.627

Üretim (veya talep) miktarının $[a, b]$ aralığında değiştiği ve üretilen miktar kadar mamulün satıldığı varsayılmıştı. x , Δt birim değişim süresindeki talep veya gerçekleşen üretim miktarı; n , x adet üründen kontrol edilmek üzere seçilen örnek büyüklüğü, r kabul edilebilir bozuk mal sayısı ya da örnekteki bozuk mal sayısının üst sınırını göstermek üzere üretim miktarındaki bir birimlik azalma olasılığı ve üretim miktarındaki bir birimlik artma olasılığı ile üretim miktarında bir birimlik azalma veya artma olmaması olasılığı sırasıyla (4.1), (4.4) ve (4.6) denklemleri ile ifade edilmişti. Bu bağıntılardaki y değeri örnekteki bozuk mal sayısını göstermektedir. Ve daha önce söylendiği gibi kalite kontrol örnekleri tesadüfi olarak çekildiğine göre m adet bozuk ürün elde etmenin ihtimali,

parametreleri n ve p olan binom ihtimalidir ve $P(y \leq r)$ olasılığı (4.3) denklemi ile verilmektedir.

Üretilen miktara göre, çeşitli kalite kabul seviyesindeki (KKS) örnek büyüklüğünü ve örnekteki bozuk mal sayısının üst sınırını gösteren r değerini belirlemek için firmamızın hazırlayıp kullandığı "Kabul Edilebilir Kalite Sınırı Numune Alma Tablosu" ndan faydalanılmıştır (Tablo:4-4). Bu tabloda P ile gösterilen değerler, çalışmamızda $P(y \leq r)$ ifadesindeki r değerine takabül etmektedir.

İncelenen dönemde, Δt süresinde gerçekleştirilen üretim miktarları esas alınarak bu süre zarfında gerçekleştirilebilmesi olası üretim miktarlarından oluşan kümeyi, sistemin durum uzayı olarak tanımlayıp S ile gösterirsek,

$$S = \{ 329, 330, \dots, 2159 \}$$

olacaktır. Bu sistem, geçiş olasılık fonksiyonu (4.7) ile verilen bir doğum-ölüm zinciri oluşturmaktadır.

4.4.1 Üretim Miktarındaki Bir Birimlik Azalma ve Artmaya Etki Eden Parametrelerin DIII Sigorta Buşonları İçin Tanımlanması

Üretim miktarında bir birimlik değişimin gerçekleştirilebilmesi için gerekli süre olan Δt de, üretim miktarındaki bir birimlik azalma ve bir birimlik artma olasılıklarını gösteren (4.1) ve (4.4) bağıntılarında, üretim miktarındaki bir birimlik azalmaya etki eden parametreler α ve δ , bir birimlik artmaya etki eden parametreler ise θ , σ , β ile gösterilmiştir. Yaptığımız uygulamada bu parametreler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

Üretim miktarındaki azalmayı ifade eden α parametresi, satın alınıp kullanılan bir ürünün kalitesinin iyi olmaması sebebiyle müşterinin memnun kalmaması neticesinde, bu

Tablo:4-4
Kabul edilebilir kalite sınırı numune alma tablosu

(AQL) $\alpha = \% 5$ (Satıcı riski)

K.K.S	0,065%		0,10%		0,15%		0,25%		0,40%		0,65%		1,0%		1,5%		2,5%		4,0%		6,4%																		
Parti büyüklüğü	n	P	F	n	P	F	n	P	F	n	P	F	n	P	F	n	P	F	n	P	F	n	P	F															
2 - 50	Tüm		Tüm		Tüm		Tüm		32	0	1	20	0	1	13	0	1	8	0	1	5	0	1	3	0	1	8	1	2										
51 - 90	Tüm		Tüm		80	0	1	50	0	1	32	0	1	20	0	1	13	0	1	8	0	1	5	0	1	3	0	1	8	1	2								
91 - 150	Tüm		125	0	1	80	0	1	50	0	1	32	0	1	20	0	1	13	0	1	32	1	2	20	1	2	13	1	2	8	1	2							
151 - 280	200	0	1	125	0	1	80	0	1	50	0	1	32	0	1	20	0	1	50	1	2	32	1	2	20	1	2	13	1	2	13	2	3						
281 - 500	200	0	1	125	0	1	80	0	1	50	0	1	32	0	1	80	1	2	50	1	2	50	2	3	20	1	2	20	2	3	20	3	4						
501 - 1200	200	0	1	125	0	1	80	0	1	50	0	1	125	1	2	80	1	2	80	2	3	80	3	4	32	2	3	32	3	4	32	5	6						
1201 - 3200	200	0	1	125	0	1	80	0	1	200	1	2	125	1	2	125	2	3	125	3	4	125	5	6	50	3	4	50	5	6	50	7	8						
3201 - 10000	200	0	1	125	0	1	80	0	1	200	1	2	200	2	3	200	3	4	200	5	6	200	7	8	80	5	6	80	7	8	80	10	11						
10001 - 35000	800	1	2	500	1	2	315	1	2	315	1	2	315	2	3	315	3	4	315	5	6	315	7	8	315	10	11	125	7	8	125	10	11	125	14	15			
35001 - 150000	800	1	2	500	1	2	500	2	3	500	3	4	500	5	6	500	7	8	500	10	11	500	14	15	200	10	11	200	14	15	200	14	15	200	14	15	200	14	15
150001 - 500000	1250	2	3	800	2	3	800	3	4	800	5	6	800	7	8	800	10	11	800	14	15	800	21	22	315	14	15	315	21	22	315	21	22	315	21	22	315	21	22
500000 - 1000000	2000	3	4	1250	3	4	1250	5	6	1250	7	8	1250	10	11	1250	14	15	1250	21	22	800	21	22	500	21	22	315	21	22	315	21	22	315	21	22	315	21	22

n: Numune hacmi.

P: Kabul edilebilir hatalı sayısı.

F: Kabul edilemeyen hatalı sayısı.

DEF 131 A ' dan nasıl uygun numune alma planları seçilebileceğinin bir örneğidir.

ürünün bir benzerini tekrar satın almamaya karşı gösterdiği isteksizliğe bağlı olarak ortaya çıkar.

δ parametresi, yeni teknolojilerin ürünü olarak ortaya çıkan, aynı hizmeti farklı bir kalite düzeyinde veren, farklı yapıdaki alternatif ürünlere yönelmesi sonucu oluşan talep düşmesini ifade eder.

θ , iç ve dış pazarlardaki alıcılar üzerinde firma faaliyetlerinin olumlu etkileri ve alıcıların rakip firmalardan söz konusu firmaya yönelmesi sonucunda oluşan talep, dolayısıyla üretim miktarındaki artış oranıdır.

σ , reklam faaliyetlerinin bayiler ve toplu alım yapan müşteriler üzerindeki etkisini gösteren parametredir.

β , iç ve dış pazarlardaki muhtelif değişmelere; örneğin, iç pazarda konut yatırımlarında izlenen olumsuz değişmelere veya dış pazarın tercihlerinde ortaya çıkan negatif farklılıklara bağlı olarak üretim miktarında gözlenen azalmaları ifade eden bir parametredir.

4.4.2 α , δ , θ , σ , β Parametrelerinin Değişim Aralıklarının Belirlenmesi

Bu parametrelerin sayısal değerini elde etmek için önce her bir parametrenin muhtelif dönemlerdeki artma ve azalmalara göre değişim aralıkları aşağıdaki şekilde saptanmıştır.

Üretim miktarında azalma olgusunun yaşandığı yıllar için, üretim miktarında bir birimlik azalışın gerçekleşmesi için gerekli olan Δt süresinde $q_x=1$ alınarak,

$$1 = \alpha (x-n) p P(y \leq r) \Delta t + \delta (x-x_p) \Delta t \quad (4.16)$$

bağıntısı ve artma olgusunun yaşandığı yıllar için Δt süresinde $p_x=1$ alınarak,

$$1=\theta\Delta t+\alpha x(1-p)\Delta t-\beta(x-n)pP(y\leq r)\Delta t \quad (4.17)$$

bağıntısı elde edilmiştir. (4.16) ve (4.17) bağıntılarında yer alan terimlerin her birinin sayısal değeri $[0,1]$ aralığında değişmektedir ve bunlar modelde yer alan muhtelif olaylara ait olasılıkları ifade etmektedirler.

$\alpha(x-n)pP(y\leq r)\Delta t$ ile kusurlu bir ürünü alma şanssızlığını yaşayan müşterinin, bu ürünün bir benzerini almamaya karar vermesinin olasılığı, $\delta(x-x_p)\Delta t$ ile müşterinin alternatif ürünlere yönelmesinin olasılığı gösterilmektedir. (4.16) nın sağ yanında bulunan terimler,

$$0\leq\alpha(x-n)pP(y\leq r)\Delta t\leq 1$$

$$0\leq\delta(x-x_p)\Delta t\leq 1$$

bağıntılarını gerçekleyecektir. Buradan α ve δ parametrelerinin değişim aralıkları sırasıyla,

$$0\leq\alpha\leq\frac{1}{(x-n)pP(y\leq r)\Delta t} \quad (4.18)$$

$$0\leq\delta\leq\frac{1}{(x-x_p)\Delta t} \quad (4.19)$$

olarak bulunur.

$\theta\Delta t$, firma faaliyetlerinin alıcılar üzerinde bıraktığı olumlu etkiler ve alıcıların rakip firmalardan söz konusu firmaya kayması sonucu üretim miktarında gözlenen bir birimlik artma olasılığını ifade etmektedir ve $0\leq\theta\Delta t\leq 1$ olduğundan, θ parametresinin değişim aralığı,

$$0 \leq \theta \leq \frac{1}{\Delta t} \quad (4.20)$$

olacaktır.

$\sigma x(1-p)\Delta t$, reklam faaliyetlerinin bayiler ve toplu alım yapan müşteriler üzerindeki olumlu etkisinin başka tüketicilerde yansımaları neticesi müşteri kazanılmasının olasılığını göstermektedir. $0 \leq \sigma x(1-p)\Delta t \leq 1$ olduğundan σ parametresi,

$$0 \leq \sigma \leq \frac{1}{x(1-p)\Delta t} \quad (4.21)$$

aralığında değerler alacaktır. $\beta(x-n)pP(y \leq r)\Delta t$, iç ve dış pazarlardaki olumsuz değişimlerden etkilenip ürünü satın almaktan vazgeçen tüketicilere bağlı olarak müşteri kaybetmenin olasılığını ifade etmektedir. Benzer şekilde β parametresinin değişim aralığı da,

$$0 \leq \beta \leq \frac{1}{(x-n)pP(y \leq r)\Delta t} \quad (4.22)$$

olarak bulunacaktır. (4.18) ve (4.22) bağıntıları karşılaştırıldığında α ve β , (4.19) ve (4.21) bağıntıları karşılaştırıldığında δ ile σ nın değişim aralıklarının aynı olduğu görülmektedir.

Yukarıdaki bağıntılarda $P(y \leq r)$ ihtimalinin hesaplanmasında firmanın kullandığı "Kabul edilebilir kalite sınırı numune alma tablosu" ndan (Tablo:4-4) faydalanılacaktır.

Firma, piyasadaki payını koruyabilmek için %0.40 kalite kabul seviyesinde çalışmaktadır. Ayrıca firma buşon için porselen imalatında %1, montajda ise %0.65 KKS de çalıştığını belirtmektedir. Biz bu çalışmada, ele alınan DIII

sigorta buşonları için verilen, %3-%5 arasında değişen kusurlu oranını gözönünde bulunduracağız ve %0.40 kalite kabul seviyesini kullanarak parametrelerin değişim aralığını belirleyeceğiz. Tablo:4-5(a) ve Tablo:4-5(b) de α , δ , θ , σ ve β parametrelerinin muhtelif dönemler için değişim aralıkları görülmektedir.

Tablo:4-5(a)
p=%4.0, KKS=%0.40 için α , δ , θ , σ , β parametrelerinin değişim aralıkları

Dönemler	α	δ	θ	σ	β
1976-1977	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.2898$	$0 \leq \sigma \leq 0.0003$	$0 \leq \beta \leq 0.2171$
1977-1978	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.7055$	$0 \leq \sigma \leq 0.0012$	$0 \leq \beta \leq 0.9322$
1978-1979	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.2928$	$0 \leq \sigma \leq 0.0002$	$0 \leq \beta \leq 0.1023$
1979-1980	$0 \leq \alpha \leq 0.2344$	$0 \leq \delta \leq 0.0024$	--	--	--
1980-1981	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.4718$	$0 \leq \sigma \leq 0.0006$	$0 \leq \beta \leq 0.4479$
1981-1982	--	--	$0 \leq \theta \leq 2.5602$	$0 \leq \sigma \leq 0.0081$	$0 \leq \beta \leq 0.7951$
1982-1983	$0 \leq \alpha \leq 0.9840$	$0 \leq \delta \leq 0.0013$	--	--	--
1983-1984	$0 \leq \alpha \leq 0.5810$	$0 \leq \delta \leq 0.0008$	--	--	--
1984-1985	$0 \leq \alpha \leq 0.3151$	$0 \leq \delta \leq 0.0004$	--	--	--
1985-1986	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.2493$	$0 \leq \sigma \leq 0.0001$	$0 \leq \beta \leq 0.0812$

Şimdi α , δ , θ , σ , β parametrelerinin değişim aralıklarının hesaplanışında izlenen yolu bir örnek ile açıklayalım. 1976-1977 dönemini ele alalım. $p=\%4$, $KKS=\%0.40$ olmak üzere Tablo:4-3 den 1976-1977 dönemi için $\Delta t = 3.45$ ve bu sürede gerçekleştirilen üretim miktarının $x=1009.20$, Tablo:4-4 den bu x miktarına karşı gelen örnek büyüklüğünün $n=125$ ve kabul edilebilir hatalı sayısı veya örnekteki bozuk mal sayısının üst sınırının $r=1$ olduğunu görüyoruz. Bu verilere göre (4.3) denkleminde,

$$P(y \leq 1) = \sum_{m=0}^1 \binom{125}{m} (0.04)^m (0.96)^{125-m} = 0.03775$$

elde edilir. 1976-1977 döneminde üretim miktarında kesin olarak artma olduğundan, (4.17) bağıntısında yer alan ve bu artışı etkileyen θ , σ ve β parametrelerinin değişim aralığı (4.20), (4.21) ve (4.22) bağıntılarından,

$$0 \leq \theta \leq 0.289855072$$

$$0 \leq \sigma \leq 0.000299179$$

$$0 \leq \beta \leq 0.217096812$$

olarak bulunur.

Tablo:4-5(b)
p=%5, KKS=%0.40 için α , δ , θ , σ , β parametrelerinin değişim aralıkları

Dönemler	α	δ	θ	σ	β
1976-1977	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.2898$	$0 \leq \sigma \leq 0.0003$	$0 \leq \beta \leq 0.5266$
1977-1978	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.7055$	$0 \leq \sigma \leq 0.0012$	$0 \leq \beta \leq 2.2617$
1978-1979	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.2928$	$0 \leq \sigma \leq 0.0002$	$0 \leq \beta \leq 0.2482$
1979-1980	$0 \leq \alpha \leq 0.2622$	$0 \leq \delta \leq 0.0024$	--	--	--
1980-1981	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.4718$	$0 \leq \sigma \leq 0.0006$	$0 \leq \beta \leq 1.0866$
1981-1982	--	--	$0 \leq \theta \leq 2.5602$	$0 \leq \sigma \leq 0.0082$	$0 \leq \beta \leq 0.8893$
1982-1983	$0 \leq \alpha \leq 2.3873$	$0 \leq \delta \leq 0.0013$	--	--	--
1983-1984	$0 \leq \alpha \leq 1.4096$	$0 \leq \delta \leq 0.0008$	--	--	--
1984-1985	$0 \leq \alpha \leq 0.7643$	$0 \leq \delta \leq 0.0004$	--	--	--
1985-1986	--	--	$0 \leq \theta \leq 0.2493$	$0 \leq \sigma \leq 0.0001$	$0 \leq \beta \leq 0.1970$

Gözönüne alınan dönemde üretim miktarında kesin olarak azalma varsa bu azalmayı belirleyen α ve δ parametrelerinin değişim aralıkları da benzer şekilde (4.18) ve (4.19) bağıntılarından hesaplanır. Aşağıda, bu parametrelere ait değerlerin simülasyonla bulunabilmesi için geliştirilen bir yöntem açıklanacaktır.

4.4.3 α , δ , θ , σ , β Parametrelerinin Olasılık Yoğunluk Fonksiyonlarının Bulunması

α parametresini ele alarak bu yöntemi açıklayalım.

Günlük üretimde azalma olayının yaşandığı yıllar için α parametresinin sergilediği yapısal özellikleri saptamaya çalışalım. $p=4$, $KKS=0.40$ için Tablo:4-5(a) dan araştırmamıza konu olan yıllardan dördünde günlük üretimde azalma olduğunu ve bu yıllar için α nın,

$$0 \leq \alpha \leq 0.9840$$

$$0 \leq \alpha \leq 0.5810$$

$$0 \leq \alpha \leq 0.3151$$

$$0 \leq \alpha \leq 0.2344$$

aralıklarında değiştiğini görmekteyiz. Bu aralıklardan boyu daha uzun olanlar boyu daha kısa olanları içermekte, en kısa uzunluğa sahip bulunan aralık diğer aralıkların tamamı tarafından içerilmekte, boyu en uzun olan aralık ise diğer aralıkların tamamını içermektedir. α nın ait olduğu her aralık içerisindeki dağılımının homojen, ayrıca bu dört aralıktan herhangi birinin realize edilmesi olasılığının bir başkasının realize edilmesi olasılığına eşit olduğunu varsayalım. Bu aşamada aşağıdaki olayları tanımlayıp, α nın bu aralıklarda değişmesi olasılıklarını hesaplayabiliriz.

$$A = \{0 \leq \alpha \leq 0.2344\} \quad , \quad B = \{0.2344 < \alpha \leq 0.3151\}$$

$$C = \{0.3151 < \alpha \leq 0.5810\} \quad , \quad D = \{0.5810 < \alpha \leq 0.9840\}$$

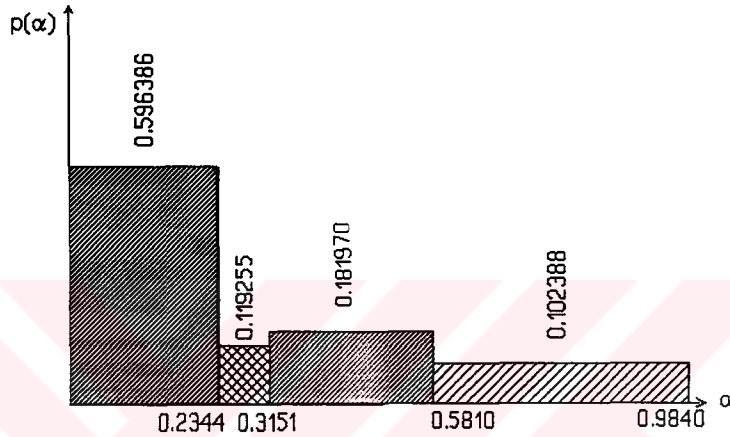
olaylarına ait olasılıklar,

$$P(A) = 0.596387 \quad , \quad P(B) = 0.119255$$

$$P(C) = 0.181970 \quad , \quad P(D) = 0.102388$$

dir. Bu olasılıkların hesaplanmasında aşağıdaki düşünce uygulanmıştır. A olayını ele alalım ve $P(A)$ olasılığını bulalım. A olayının gerçekleşmesi için, ya $[0, 0.2344]$ aralığı realize edilir ve bunun A olayına tekabül eden parçası alınır. Bunun olasılığı, $(1/4)(0.2344/0.2344) = 0.25$ dir. Veya $[0, 0.3151]$ aralığı realize edilir ve bunun A olayına tekabül eden parçasının olasılığı $(1/4)(0.2344/0.3151) =$

$=0.185973$ dir. Veya $[0,0.5810]$ aralığı realize edilir ve bunun A olayına tekabül eden parçasının olasılığı $(1/4) * (0.2344/0.5810)=0.100861$ dir veya $[0,0.9840]$ aralığı realize edilir ve bunun A olayına tekabül eden parçası alınır. Bunun olasılığı ise, $(1/4)(0.2344/0.9840)=0.059553$ dir. Sonuç itibarıyla $P(A)$, bu dört olasılığın toplamıdır. $P(B)$, $P(C)$, $P(D)$ olasılıkları da aynı düşünce ile hesaplanmıştır. Bu sonuçları bir histogramla ifade edelim.



Şekil:4-1 $P(\alpha)$ nın bir histogram formunda temsili

Bu oluşuma ait kümülatif dağılım fonksiyonu $F(\alpha)$ yı, α nın simüle edilmesinde bir araç olarak kullanacağız. α da ortaya çıkan değişimlere karşı $F(\alpha)$ nın daha duyarlı olmasını sağlayabilmek amacıyla α nın değişim aralığını yeterince çok sayıda ve birbirine eşit alt aralığa böleceğiz. Burada bu alt aralık sayısı 40 olarak alınmıştır. α nın değişim aralığı $0 \leq \alpha \leq 0.9840$ olup söz konusu alt aralıklardan herbirinin boyu $0.9840/40=0.0246$ dir.

$P(A)=0.596386$ olup A olayı için $0 \leq \alpha \leq 0.2344$ olması nedeniyle ve α nın bu alt aralığı üzerindeki olasılık dağılımının homojen olduğu varsayımından hareketle α nın, k pozitif bir tamsayı olmak üzere,

$$(k-1)*0.0246 \leq \alpha \leq k*0.0246 \quad , \quad k=1,2,\dots,40$$

aralığında bulunmasının olasılığı,

$$0 \leq \alpha \leq 0.2344 \text{ için } p = 0.596386 \text{ ise}$$

$$0 \leq \alpha \leq 0.0246 \text{ için } p = ?$$

orantısından $p = 0.062589998$ olarak bulunacaktır. Bu düşünce diğer alt aralıklara uygulanarak ve elde edilen sonuçlar kümüle edilerek,

$$P(0 \leq \alpha \leq 0.0246) = 0.062589998$$

$$P(0 \leq \alpha \leq 0.0492) = 0.125179996$$

:

$$P(0 \leq \alpha \leq 0.2214) = 0.563309982$$

sonuçlarına ulaşılabilecektir. Bir sonraki alt aralığın bir kısmı A olayına tekabül eden aralığın, bir kısmı ise B olayına tekabül eden aralığın bir parçasıdır. α nın bu alt aralık üzerinde değişmesinin olasılığı, A olayına ait parçası üzerinde değişmesinin olasılığı ile B olayına ait parçası üzerinde değişmesinin olasılığının toplamından ibaret olacaktır. Bir başka deyişle,

$$P(0.2214 \leq \alpha \leq 0.2460) = P(0.2214 \leq \alpha \leq 0.2344) + P(0.2344 < \alpha \leq 0.2460)$$

dır. Bu olasılıklardan ilki A olayına tekabül eden kısımdan, ikincisi ise B olayına tekabül eden kısımdan hesaplanacaktır ve $P(0 \leq \alpha \leq 0.2460)$ kümülatif değeri bulunacaktır.

Alt aralıkların komşu iki olaydan ikisinde birden yer alıyor olduğu diğer durumlar için aynı düşünceden hareketle hesaplar yapılacaktır. Sonuç itibarıyla α nın 0.2214 den 0.9840 a kadar uzanan kısmına ait kümülatif olasılıklar aşağıda görüldüğü gibi olacaktır.

$$P(0 \leq \alpha \leq 0.2460) = 0.613527979$$

$$P(0 \leq \alpha \leq 0.2706) = 0.649880804$$

:

$$P(0 \leq \alpha \leq 0.9840) = 0.999998987$$

Böylece kümülatif dağılım fonksiyonunun grafiği daha hassas bir hale getirilmiş olur. Bu değerlerle çizilen grafikte $0 \leq F(\alpha) \leq 1$ aralığında tesadüfî bir nokta seçilip bu noktaya karşı gelen α değeri kolayca tespit edilebilir. Diğer parametreler için de benzer işlemler yapılarak, kümülatif dağılım fonksiyonu çizilebilir ve bu parametrelere tekabül eden değerler bulunabilir. Alt aralık sayısını giderek arttırmak, $F(\alpha)$ nın daha sağlıklı bir tarzda oluşmasına imkân verecek, fakat yapılacak hesapların artması bir dezavantaj olarak ortaya çıkacaktır. Bu olumsuzluğun üstesinden gelebilmek amacıyla aşağıdaki bilgisayar algoritması geliştirilmiştir.

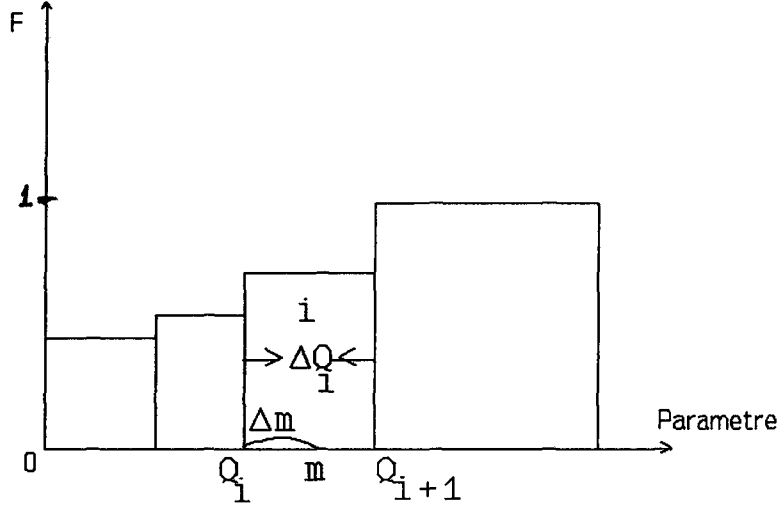
4.5 Parametrelerin Alacağı Değerlerin Simülasyonla Bulunabilmesini Temin İçin Geliştirilen Bilgisayar Algoritması

α , δ , θ , σ ve β parametrelerinin değişim aralıkları Bölüm 4.4.3 de olduğu gibi sıralanmakta ve olasılık yoğunluk fonksiyonlarını görüntüleyen histogramlar bilgisayar kullanılarak oluşturulmaktadır. Bir sonraki aşamada kümülatif dağılım fonksiyonları oluşturulup, Şekil:4-2 de görülene benzer görüntülere ulaşılmaktadır.

- R : [0,1] aralığından seçilen bir rasgele sayı
- i : R nin ait olduğu bölge
- Q_i : i bölgesinin alt sınırı
- Q_{i+1} : i bölgesinin üst sınırı
- F_{i-1} : i-1 bölgesinin kümülatif değeri
- F_i : i bölgesinin kümülatif değeri
- P_i : üzerinde çalıştığımız parametrenin $[Q_i, Q_{i+1}]$ aralığında değişmesinin olasılığı

ve

$$\Delta Q_i = Q_{i+1} - Q_i$$



Şekil:4-2 Simülasyonla sayısal değer üretimi için kümülatif dağılım fonksiyonu

$$\Delta m = (R - F_{i-1}) \frac{\Delta Q_i}{P_i}$$

olmak üzere incelediğimiz olasılık yoğunluk fonksiyonuna ait rasgele değişken olan m ,

$$m = (R - F_{i-1}) \frac{\Delta Q_i}{P_i} + Q_i \quad (4.23)$$

ile verilecektir.

Örneğin, α parametresi için seçilen tesadüfî sayı $R=0.718857463$ olsun. R nin yer aldığı bölge, bilgisayar tarafından taranarak bulunmaktadır. Buna göre bu R değeri üçüncü bölgeye, $C=\{0.3151 < \alpha \leq 0.5810\}$ bölgesine düşmektedir. R tesadüfî sayısına tekabül eden α değerini bulalım. Bölgenin alt ve üst sınırları arasındaki fark, $\Delta Q_3=0.2659$ dur. Bir önceki bölgenin kümülatif değeri $F_{i-1}=F_2=0.715641$ ve α nın C bölgesinde bulunmasının olasılığı $P(C)=P_3=0.181970$

dir. (4.23) den, seçilen rasgele sayıya tekabül eden α değeri $\alpha=m=0.3198$ dir.

Bilgisayar algoritmasında $F(\alpha)$ değeri tesadüfi olarak seçilmekte ve (4.23) denklemi ile bu $F(\alpha)$ değerine tekabül eden α değeri bulunmaktadır. Rasgele olarak simülasyon yoluyla üretilen parametre değerlerinin normalite varsayımını gerçekleştiriyor olması halinde bu yoldan bulunan değeri ile gerçek değeri arasındaki sapmanın, standard sapmasının 1/4 ünden daha az olmasını sağlamak hedef alınmıştır. Bu nedenle α , δ , θ , σ ve β parametrelerinin simülasyonunda bu değerlerin her birinden 61 adet üretilerek oluşturulan (aritmetik) ortalama değerleri alınmıştır. Bu yoldan üretilen $u(x)$ in hesaplanmasında kullandığımız sayısal değerler Tablo:4-6 da görülmektedir.

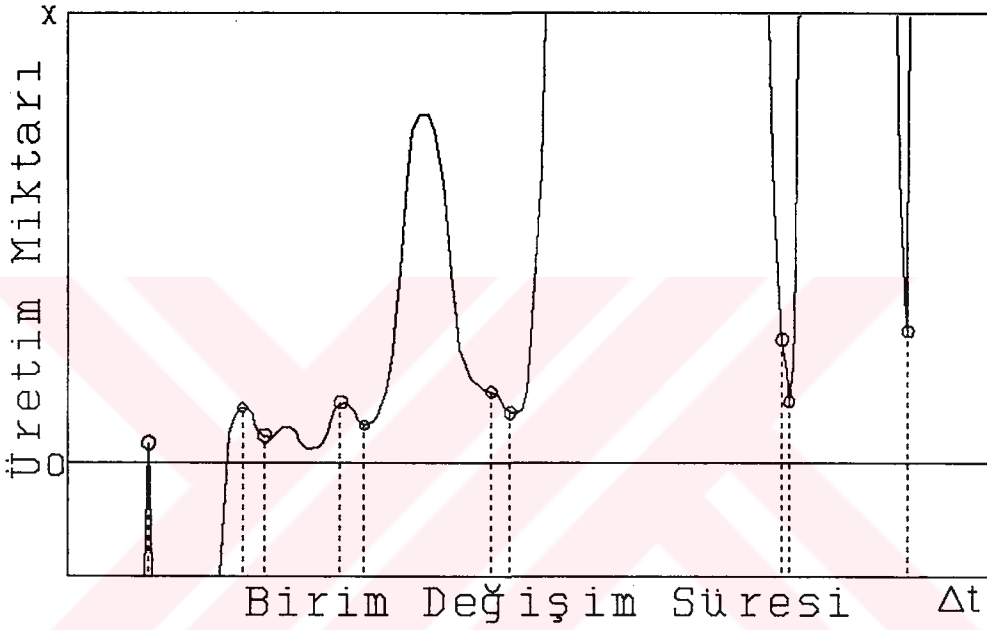
Tablo:4-6
Parametrelerin simülasyonla bulunan değerleri

Parametreler	p=%4, KKS=%0.40	p=%5, KKS=%0.40
α	0.29095789	0.21758195
δ	0.00068914	0.00028126
θ	0.18371828	0.09185914
σ	0.00013632	0.00006566
β	0.09079456	0.10080609

4.6 Δt Süresinde Gerçekleştirilen Üretim Miktarının Araştırılması

Bu bölümde, Tablo:4-3 de Δt sütununda bulunan büyüklükleri apsıs, x sütununda bulunan karşıtlarını ordinat kabul eden noktalardan geçen eğriyi belirlemek amaçlanmaktadır.

Bunun için, Δt_i ile x_i arasında fonksiyonel bir ilişki kurabilmek amacıyla birinci mertebeden oskülasyon polinomu kullanılmıştır. Birinci mertebeden oskülasyon polinomu uygulanırken, önce $(\Delta t_i, x_i)$ noktalarının tümünden geçen oskülasyon polinomu belirlenmiş ve bu şekilde elde edilen x değerlerinin, x in minimum ve maksimum değerlerini anormal derecede aştığı Şekil:4-3 den gözlenmiştir.



Şekil:4-3 Verilerin tamamından geçen oskülasyon polinomu

Birinci mertebeden oskülasyon polinomu,

$$x(\Delta t) = \sum_{i=0}^n U_i(\Delta t) x_i + \sum_{i=0}^n V_i(\Delta t) x_i' \quad (4.24)$$

bağıntısı ile belirlenmektedir[24]. Burada x_i ve x_i' , sırasıyla verilen fonksiyonun ve birinci mertebeden türevinin Δt_i deki değeridir. $x(\Delta t)$ değerleri hesaplanırken x_i' değerleri sıfır kabul edilmiştir. Bu durumda herhangi bir Δt süresinde,

$$x(\Delta t) = \sum_{i=0}^n U_i(\Delta t) x_i \quad (4.25)$$

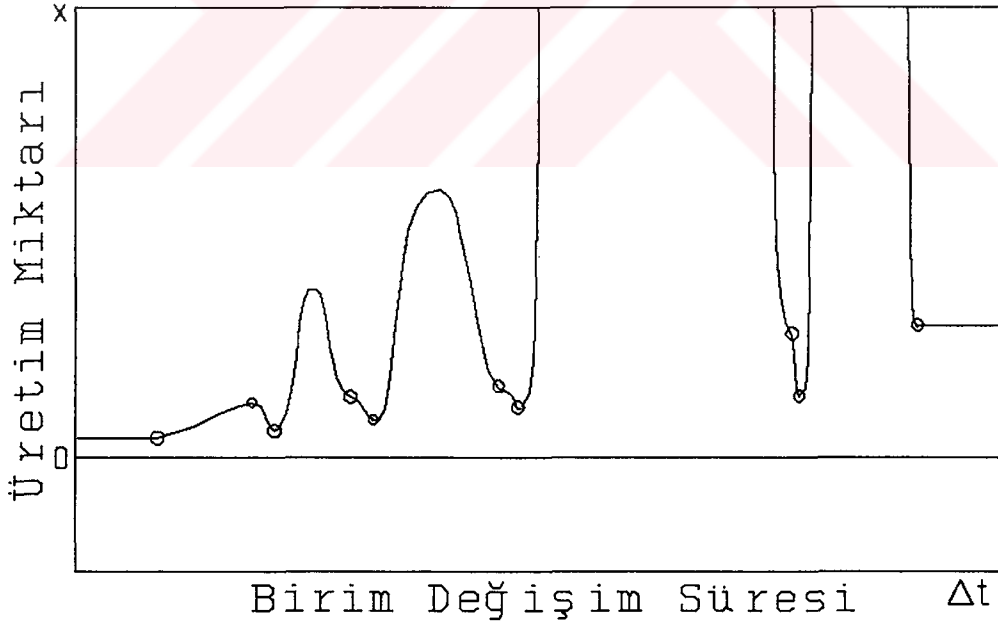
ve

$$U_i(\Delta t) = [1 - 2L'_i(\Delta t_i) (\Delta t - \Delta t_i)] [L_i(\Delta t)]^2$$

dir. Burada $L_i(\Delta t)$, Lagrange çarpım fonksiyonudur. $k \neq i$ için $L_i(\Delta t_k) = 0$, $L_i(\Delta t_i) = 1$ özelliklerine sahiptir ve

$$L_i(\Delta t) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{(\Delta t - \Delta t_j)}{(\Delta t_i - \Delta t_j)}$$

dir[24].

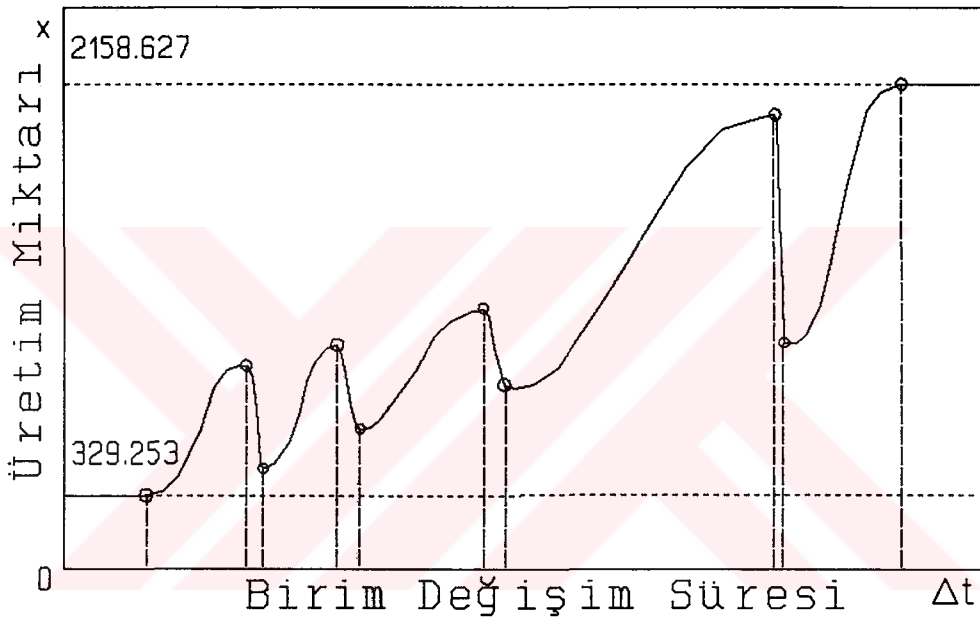


Şekil:4-4 Üçlü kombinasyonların oskülasyon polinomu

Şekil:4-4 de ise $n=3$ olmak üzere üç noktadan geçen oskülasyon polinomu ile incelenen değişim görülmektedir.

Burada da grafiğin seyri beklentilerle uyumlu değildir ve üretim miktarı olası maksimum değerini yer yer çok fazla aşmaktadır.

Şekil:4-5, iki noktadan geçen oskülasyon polinomları yardımı ile yapılan incelemede verilerin değişimini göstermektedir. Polinom üçüncü mertebeden olup, sıralanmış Δt_i değerlerine tekabül eden x_i değerleri normal seyrini göstermiştir.



Şekil:4-5 $(\Delta t, x(\Delta t))$ ilişkisinin iki noktadan geçen oskülasyon polinomları yardımı ile incelenmesi

4.7 Doğum-Ölüm ve $P_{x_i}(T_a < T_b)$ Olasılıklarının Üretim Miktarındaki Artma ve Azalma Sürelerine Göre Hesabı

DIII grubu sigorta buşonlarının üretim miktarında bir birimlik azalma, artma veya değişiklik olmama olaylarının, sırasıyla q_x , p_x , r_x ile gösterilen olasılıkları bir doğum-ölüm zinciri oluştururlar. Doğum-ölüm zincirlerinin gerçekledikleri bazı özelliklerden yararlanarak, incelediğimiz problemle ilgili birtakım neticelere ulaşmaya çalışacağız.

Önce gerekli notasyonları açıklayalım.

- Δt_i^+ , üretim miktarında bir birimlik artışın gerçekleşmesi için geçen süre,
- Δt_i^- , üretim miktarında bir birimlik azalışın gerçekleşmesi için geçen süre,
- p_x , Δt_i^+ süresinde $x_i (i=1, \dots, 1831)$ üretim miktarındaki bir birimlik artış olasılığı,
- q_x , Δt_i^- süresinde $x_i (i=1, \dots, 1831)$ üretim miktarındaki bir birimlik azalma olasılığı,
- a , üretimin, üzerinde değiştiği varsayılan aralığın alt sınırı,
- b , üretimin, üzerinde değiştiği varsayılan aralığın üst sınırı,
- T_a , Üretim miktarının a olduğu an,
- T_b , Üretim miktarının b olduğu an,
- $u(x_i)$, halen x_i olan üretim miktarının a ya gerilemesinin b ye ulaşmasından önce gerçekleşmesinin olasılığı ($u(x_i) = P_{x_i}(T_a < T_b)$),

olsun. $a \leq x_i < b$, ($i=1, \dots, 1831$) olmak üzere $u(a)=1$, $u(b)=0$ dır. $u(x_i)$ olasılığı, $S=\{329, 330, \dots, 2158, 2159\}$ şeklinde tanımlanan durum uzayı için (4.14) denkleminde faydalanılarak hesaplanabilir.

35,50,63 amperlik normal ve gecikmeli D sigorta buşonları için 1976, ..., 1986 yıllarında Üretim Planlama ve Pazarlama departmanlarının tahmin ettikleri üretim miktarı ile o yıla ait gerçekleşen üretim miktarları Tablo:4-7 de görülmektedir.

Tablo:4-8 ise 1976-1977, ..., 1985-1986 dönemlerinde Δt süresinde tahmin edilen üretim miktarları ile gerçekleşen üretim miktarlarını göstermektedir. Üretim Planlama Bölümü ile Pazarlama Bölümü tarafından Δt süresinde gerçekleştireceği tahmin edilen üretim miktarlarını esas alarak belirlenen bir $[a, b]$ aralığında üretim miktarının değişimi ile ilgili olarak $u(x_i)$ olasılıkları hesaplanacaktır.

Tablo:4-7

Kaleporselen Elektroteknik A.Ş. de DIII sigorta buşonları için tahmin edilen ve gerçekleşen üretim miktarları

Yıllar	Üretim Planlamanın tahmini (adet/yıl)	Pazarlamanın tahmini (adet/yıl)	Gerçekleşen üretim miktarı (adet/yıl)
1976	808500	710000	597575
1977	1345000	892500	806225
1978	1275000	1280000	1314150
1979	1986000	1945000	1524950
1980	1323000	1275000	761725
1981	1338500	1373150	1101425
1982	3681250	2696500	2944781
1983	2399500	1936000	2108676
1984	1661200	1675500	1557480
1985	1289000	1295300	1201775
1986	1611500	1605000	1381267

Tablo:4-8

Kaleporselen Elektroteknik A.Ş. de DIII sigorta buşonlarının Δt için tahmin edilen ve gerçekleşen üretim miktarları

Dönemler	Üretim planlamanın tahmini(adet/ Δt)	Pazarlamanın tahmini (adet/ Δt)	Gerçekleşen üretim miktarı (adet/ Δt)
1976-1977	602.096	1317.106	1009.202
1977-1978	5614.843	840.974	626.187
1978-1979	687.969	727.438	2020.232
1979-1980	748.647	720.897	449.410
1980-1981	25759.752	4047.302	822.704
1981-1982	321.400	461.286	329.253
1982-1983	711.612	913.702	906.607
1983-1984	825.007	2079.584	997.691
1984-1985	1188.966	1172.079	1163.572
1985-1986	1349.075	1404.729	2158.627

4.7.1 Doğum-Ölüm ve $u(x_i)$ Olasılıklarının Hesaplanması İçin Geliştirilen İlk Yöntem

Doğum-ölüm olasılıkları hesaplanırken durum uzayı olarak $S=\{329, \dots, 2159\}$ alınacak, x_i üretim miktarlarına karşı gelen Δt_i süreleri, Şekil:4-5 deki iki noktadan geçen oskülasyon polinomlarından oluşan fonksiyon yardımı ile elde edilecektir.

Bu polinomun monoton artan veya monoton azalan bir fonksiyon görüntüsüne sahip bulunmaması, bir x_i değerine birden fazla Δt_i değerinin tekabül edebilmesi, bunların bir kısmının Δt_i^+ grubunda, bir kısmının da Δt_i^- grubunda yer alması sonucunu beraberinde getirmektedir. Bu durumda, Δt_i^+ grubunda olanların ve Δt_i^- grubunda olanların ayrı ayrı aritmetik ortalamaları alınarak bulunan Δt^+ ve Δt^- değerleri α , δ , θ , σ ve β nın Tablo:4-6 da verilen değerleriyle birlikte kullanılarak üretim miktarındaki bir birimlik artma olasılığı P_x ve bir birimlik azalma olasılığı q_x in hesaplanmasında kullanılmaktadır. Buradan hareketle KKS=%0.40 olmak üzere, DIII sigorta buşonları için verilen %3-%5 arasında değişen kusurlu oranı değerlerinden, inceleme için $p=\%4$ ve $p=\%5$ kusurlu oranları ayrı ayrı ele alınacaktır.

x in muhtelif aralıklardaki değişimlerine göre hesaplanan $u(x)=P_x(T_a < T_b)$ olasılıkları Tablo:4-9 da sergilenmiştir. Bu tabloda kusurlu oranı, kalite kabul seviyesi ve üretim miktarının sınırları girdi olarak kullanılmaktadır.

x in üzerinde değiştiği aralığın boyunun fazlaca uzun olması halinde $u(x)$ olasılıklarının söz konusu aralığın uç kısımlarına isabet eden ve oldukça büyük olan bir kısmında aynı kaldığı, bu kısımlarda bulunan farklı x ler için $u(x)$ in aynı değeri almaya devam ettiği saptanmıştır. Bunun anlamı, x de ortaya çıkan değişikliklerin bu kısımlarda $u(x)$ e yansıyamamasıdır. Bu nedenle aralığın boyu kısa tutulmuş, x ile birlikte $u(x)$ in de değişmesi sağlanmıştır.

Tablo:4-9

$p=4.0$, $KKS=0.40$ iken, x in muhtelif aralıklar üzerindeki değişimine paralel olarak $u(x)$ in sergilediği değişim (birinci yöntem)

x	Δt^-	Δt^+	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
600	0.6414	1.3638	0.0248	0.0197	0.9555	1.26	1.0000
601	0.6433	1.3663	0.0249	0.0197	0.9554	1.60	0.9800
602	0.6452	1.3688	0.0250	0.0197	0.9552	2.02	0.9546
603	0.6471	1.3714	0.0252	0.0198	0.9551	2.57	0.9224
604	0.6490	1.3739	0.0253	0.0198	0.9549	3.28	0.8815
605	0.6508	1.3764	0.0254	0.0199	0.9547	4.20	0.8293
606	0.6527	1.3789	0.0255	0.0199	0.9546	5.39	0.7625
607	0.6546	1.3814	0.0256	0.0199	0.9544	6.94	0.6768
608	0.6565	1.3840	0.0258	0.0200	0.9543	8.96	0.5664
609	0.6584	1.3865	0.0259	0.0200	0.9541	11.60	0.4239
610	0.6603	1.3890	0.0260	0.0200	0.9540	15.10	0.2395

x	Δt^-	Δt^+	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
630	0.6980	1.4385	0.0285	0.0207	0.9508	1.37	1.0000
631	0.6999	1.4410	0.0286	0.0208	0.9506	1.89	0.9894
632	0.7018	1.4434	0.0287	0.0208	0.9505	2.62	0.9749
633	0.7037	1.4459	0.0289	0.0208	0.9503	3.63	0.9547
634	0.7056	1.4483	0.0290	0.0209	0.9501	5.04	0.9268
635	0.7075	1.4507	0.0291	0.0209	0.9500	7.02	0.8881
636	0.7094	1.4532	0.0292	0.0209	0.9498	9.80	0.8341
637	0.7113	1.4556	0.0294	0.0210	0.9497	13.70	0.7587
638	0.7132	1.4580	0.0295	0.0210	0.9495	19.30	0.6530
639	0.7151	1.4605	0.0296	0.0210	0.9493	27.20	0.5045
640	0.7170	1.4629	0.0298	0.0211	0.9492	38.40	0.2954

x	Δt^-	Δt^+	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
830	1.0825	1.8839	0.0595	0.0270	0.9135	2.21	1.0000
831	1.0845	1.8860	0.0597	0.0270	0.9133	4.89	0.9998
832	1.0864	1.8880	0.0599	0.0270	0.9131	10.80	0.9994
833	1.0884	1.8900	0.0601	0.0270	0.9129	24.10	0.9985
834	1.0903	1.8921	0.0603	0.0271	0.9126	53.60	0.9966
835	1.0923	1.8941	0.0605	0.0271	0.9124	1.20E2	0.9922
836	1.0943	1.8961	0.0607	0.0271	0.9122	2.67E2	0.9824
837	1.0962	1.8982	0.0608	0.0272	0.9120	5.99E2	0.9606
838	1.0982	1.9002	0.0610	0.0272	0.9118	1.34E3	0.9118
839	1.1001	1.9022	0.0612	0.0272	0.9116	3.02E3	0.8022
840	1.1021	1.9043	0.0614	0.0272	0.9114	6.81E3	0.5556

Tablo:4-9 un devamı; $p=5.0$, $KKS=0.40$

x	Δt^-	Δt^+	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
600	0.6414	1.3638	0.2291	0.1955	0.5754	1.17	1.0000
601	0.6433	1.3663	0.2302	0.1959	0.5739	1.38	0.9665
602	0.6452	1.3688	0.2313	0.1963	0.5725	1.62	0.9271
603	0.6471	1.3714	0.2324	0.1966	0.5710	1.92	0.8807
604	0.6490	1.3739	0.2335	0.1970	0.5696	2.27	0.8259
605	0.6508	1.3764	0.2346	0.1973	0.5681	2.70	0.7610
606	0.6527	1.3789	0.2357	0.1977	0.5666	3.22	0.6837
607	0.6546	1.3814	0.2368	0.1981	0.5652	3.85	0.5917
608	0.6565	1.3840	0.2379	0.1984	0.5637	4.61	0.4817
609	0.6584	1.3865	0.2390	0.1988	0.5622	5.54	0.3498
610	0.6603	1.3890	0.2401	0.1991	0.5608	6.68	0.1912

x	Δt^-	Δt^+	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
630	0.6980	1.4385	0.2629	0.2062	0.5309	1.27	1.0000
631	0.6999	1.4410	0.2641	0.2066	0.5293	1.63	0.9814
632	0.7018	1.4434	0.2653	0.2069	0.5278	2.09	0.9575
633	0.7037	1.4459	0.2664	0.2073	0.5263	2.69	0.9270
634	0.7056	1.4483	0.2676	0.2076	0.5248	3.46	0.8877
635	0.7075	1.4507	0.2688	0.2080	0.5232	4.47	0.8370
636	0.7094	1.4532	0.2700	0.2083	0.5217	5.80	0.7716
637	0.7113	1.4556	0.2711	0.2087	0.5202	7.53	0.6868
638	0.7132	1.4580	0.2723	0.2090	0.5186	9.81	0.5767
639	0.7151	1.4605	0.2735	0.2094	0.5171	12.80	0.4331
640	0.7170	1.4629	0.2747	0.2097	0.5156	16.80	0.2456

x	Δt^-	Δt^+	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
830	1.0825	1.8839	0.5486	0.2699	0.1815	2.03	1.0000
831	1.0845	1.8860	0.5503	0.2702	0.1795	4.14	0.9996
832	1.0864	1.8880	0.5520	0.2705	0.1775	8.45	0.9988
833	1.0884	1.8900	0.5537	0.2708	0.1756	17.30	0.9972
834	1.0903	1.8921	0.5554	0.2711	0.1736	35.40	0.9940
835	1.0923	1.8941	0.5571	0.2713	0.1716	72.70	0.9873
836	1.0943	1.8961	0.5588	0.2716	0.1696	1.49E2	0.9735
837	1.0962	1.8982	0.5605	0.2719	0.1676	3.08E2	0.9452
838	1.0982	1.9002	0.5622	0.2722	0.1656	6.36E2	0.8869
839	1.1001	1.9022	0.5639	0.2725	0.1635	1.32E3	0.7664
840	1.1021	1.9043	0.5657	0.2728	0.1615	2.73E3	0.5170

4.7.2 Doğum-Ölüm ve $u(x_i)$ Olasılıklarının Hesaplanması İçin Geliştirilen İkinci Yöntem

Üretim miktarında bir birimlik değişimin gerçekleşmesi için gerekli Δt_i süresi ile bu sürede gerçekleşen x_i üretim miktarı arasındaki bağıntıyı oluşturabilmek amacıyla, önce Δt_i değerlerini, üretim miktarındaki değişimin Tablo:4-3 de sergilenen yönüne göre iki sınıfa ayıralım. Değişimin artma şeklinde tezahür ettiği Δt_i sürelerini Δt_i^+ başlığı altında toplayıp, küçükten büyüğe doğru sıralayalım. Aynı işi, değişimin azalma şeklinde tezahür ettiği Δt_i süreleri için tekrarlayalım(Tablo:4-10).

Tablo:4-10
 Δt_i sürelerinin ve $x(\Delta t_i)$ üretim miktarlarının sınıflandırılması

ARTMA		AZALMA	
Δt_i^+	$x(\Delta t_i^+)$	Δt_i^-	$x(\Delta t_i^-)$
0.39	329.25	0.86	906.61
1.41	626.19	0.94	449.41
2.11	822.70	1.30	997.69
3.41	2020.23	2.02	1163.57
3.45	1009.20		
4.01	2158.63		

Bu yöntemle, Tablo:4-10 daki verilerden faydalanarak artma ve azalmalar için verileri en iyi temsil eden trend denklemi bulunup, bu denklemden q_x ve p_x olasılıklarının hesabında kullanılacak Δt_i^- ve Δt_i^+ değerleri elde edilecek, $u(x_i)$ olasılıkları hesaplanacaktır.

4.7.2.1 Üretim Miktarında Artışın Gözlendiği Dönemler İçin Birinci ve İkinci Dereceden Trend Denklemleri ve Standard Hataları

Tablo:4-10 da ilk iki sütunda yer alan değerler, Δt_i^+

nın artmasına paralel olarak $x(\Delta t_i^*)$ değerlerinin de arttığını, $x(\Delta t_5^*)$ değerinin ise bu genel gidişin bir istisnasını oluşturduğunu göstermektedir. Bu nedenle $x(\Delta t_5^*)$ noktasını ihmal edecek, geri kalanlardan en yakın geçen birinci ve ikinci dereceden polinomları inşa edip, hangisinin mevcut durumu daha iyi yansıttığı sorusuna cevap arayacağız. Burada $\Delta t_5^*=3.45$ için üretim miktarında gözlenen ani düşüşün arızî-tesadüfî hareketlerden meydana geldiğini varsayıyoruz.

Verileri en iyi temsil eden fonksiyon tipini belirlemek için, birinci ve ikinci dereceden trend eğrilerinin standard hatası karşılaştırılıp, standard hata hangisinde daha küçük ise bu fonksiyonun verileri en iyi şekilde temsil ettiği kabul edilecektir.

Δt_i^*	0.39	1.41	2.11	3.41	4.01
$x(\Delta t_i^*)$	329.25	626.19	822.70	2020.23	2158.63

noktalarına en yakın geçen, en küçük kareler yöntemiyle bulunan doğrusal trend denklemi,

$$x(\Delta t_i^*) = -67.788 + 555.688 \Delta t_i^*$$

ve standard hatası $s_x^*=177.406$ dır. Aynı verilere göre hesaplanan ikinci dereceden trend denklemi,

$$x(\Delta t_i^*) = 228.341 + 152.820 \Delta t_i^* + 89.908 (\Delta t_i^*)^2 \quad (4.26)$$

ve standard hatası $s_x^*=129.977$ dir.

Bu sonuçlar ikinci derece eğrinin mevcut verilere daha iyi uyduğunu göstermektedir.

4.7.2.2 Üretim Miktarında Azalmanın Gözlendiği Dönemler İçin Birinci ve İkinci Dereceden Trend Denklemleri ve Standard Hataları

Tablo:4-10 da azalma sütununa tekabül eden değerler incelendiğinde, Δt_i^- nin artmasına paralel olarak $x(\Delta t_i^-)$ değerlerinin de arttığı, ancak $x(\Delta t_2^-)$ noktasında bu kuralın bozulduğu görülmektedir. Burada da $\Delta t_2^-=0.94$ için üretim miktarında gözlenen ani düşüşün arızî-tesadüfî hareketlerden meydana geldiğini varsayarak, bu noktayı ihmal ediyoruz.

Üretim miktarında gözlenen azalma miktarları da artma miktarları gibi durum uzayının bir alt kümesini oluşturmaktadır. Üretim miktarındaki azalma ile ilgili kapsamlı bir tahmin yapabilmek için Δt_i^- sütununa Tablo:4-3 de Δt nin aldığı en küçük ve en büyük değer ile $x(\Delta t_i^-)$ sütununa bunlara tekabül eden değerleri ilave edelim. Bu durumda

Δt_i^-	0.39	0.86	1.30	2.02	4.01
$x(\Delta t_i^-)$	329.25	906.61	997.69	1163.57	2158.63

noktalarına en yakın geçen, en küçük kareler yöntemiyle bulunan doğrusal trend denklemi,

$$x(\Delta t_i^-)=324.093 + 458.658 \Delta t_i^-$$

ve bu denkleme ait standard hata $s_x^-=125.797$ dir. Aynı verilere göre hesaplanan ikinci dereceden veya eğrisel trend denklemi,

$$x(\Delta t_i^-)=249.664+562.148\Delta t_i^- -22.680(\Delta t_i^-)^2 \quad (4.27)$$

dir. Bu eğrinin standard hatası ise $s_x^-=122.380$ olarak bulunmuştur. Burada da ikinci derece eğrinin verilere daha

iyi uyduğu görölmektedir.

4.7.3 $u(x_i)=P_{x_i}(T_a<T_b)$ Olasılıklarının Hesaplanması

Belirli bir x_i üretim miktarına tekabül eden Δt_i^+ değerini bulmak için (4.26), Δt_i^- değerini bulmak için (4.27) denkleminde faydalanılır. (4.26) nın $\Delta t_i^+=-0.85$ de bir minimumu vardır ve $\Delta t_i^+ \in [0.39, 4.01]$ aralığı üzerinde monoton artandır. Bu nedenle Δt_i^+ değeri tek türlü olarak kolayca saptanabilmektedir. (4.27) nin ise $\Delta t_i^-=12.39$ da bir maksimumu vardır. Söz konusu x üretim miktarına tekabül eden Δt_i^- değerlerinden bir ve yalnız bir tanesi $[0.39, 4.01]$ aralığına, diğeri ise dışına düşmektedir. Bu aralığa düşen Δt_i^- değeri alınmaktadır.

α , δ , θ , σ , β parametreleri için burada da Tablo:4-6 daki simölasyon değerleri kullanılmaktadır.

"Kabul edilebilir kalite sınırı numune alma tablosu"- 'ndan x_i üretim miktarları için %0.40 KKS ne göre seçilen n ve r değerlerini, binom dağılımına göre (4.3) ile hesaplanan $P(y \leq r)$ olasılığını, p kusurlu oranını, Δt_i^- ve Δt_i^+ değerlerini (4.1) ve (4.4) denklemlerinde yerine koyarak q_x , p_x olasılıkları ile r_x olasılığı hesaplanmaktadır. Daha sonra bu olasılıklarla (4.14) denkleminde faydalanılarak $a \leq x_i < b$ aralığındaki $P_{x_i}(T_a < T_b) = u(x_i)$ olasılıkları bulunmakta ve Tablo:4-11 oluşturulmaktadır. Bu tabloda kusurlu oranı, kalite kabul seviyesi, üretim miktarının en küçük ve en büyük değerleri girdi değerleridir.

Burada da, x in üzerinde değıştiğı aralığın boyunun fazlaca uzun olması halinde, $u(x)$ olasılıklarının söz konusu aralığın uç kısımlarına isabet eden ve oldukça büyük olan bir kısmında aynı kalıp, x de ortaya çıkan değışikliklerin $u(x)$ e yansımadığı görölmüştür. Bu nedenle aralığın boyu kısa tutulmuş, x ile birlikte $u(x)$ in de değışmesi sağlanmıştır.

Tablo:4-11

$p=4.0$, $KKS=0.40$ iken, x in muhtelif aralıklar üzerindeki değişimine paralel olarak $u(x)$ in sergilediği değişim (ikinci yöntem)

x	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
600	0.3204	0.0997	0.5799	3.21	1.0000
601	0.3222	0.0932	0.5846	11.10	1.0000
602	0.2294	0.0875	0.6831	29.10	1.0000
603	0.3167	0.0997	0.5835	92.50	0.9999
604	0.2976	0.0918	0.6106	3.00E2	0.9997
605	0.3430	0.1223	0.5346	8.41E2	0.9991
606	0.3202	0.0980	0.5817	2.75E3	0.9973
607	0.2630	0.0903	0.6467	8.00E3	0.9914
608	0.3431	0.0954	0.5614	2.88E4	0.9741
609	0.3739	0.1027	0.5234	1.05E5	0.9123
610	0.2431	0.0797	0.6772	3.20E5	0.6870

x	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
630	0.4178	0.1156	0.4666	3.62	1.0000
631	0.4231	0.1028	0.4741	14.90	1.0000
632	0.3592	0.1226	0.5182	43.60	1.0000
633	0.3651	0.1194	0.5155	1.33E2	0.9999
634	0.2979	0.0920	0.6101	4.31E2	0.9996
635	0.3079	0.1220	0.5701	1.09E3	0.9987
636	0.4460	0.1172	0.4368	4.15E3	0.9963
637	0.2901	0.0846	0.6253	1.42E4	0.9875
638	0.3213	0.1235	0.5552	3.70E4	0.9571
639	0.2312	0.0879	0.6810	9.73E4	0.8780
640	0.2999	0.0931	0.6069	3.13E5	0.6699

x	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
830	0.4692	0.1213	0.4095	3.87	1.0000
831	0.4682	0.1143	0.4175	15.80	1.0000
832	0.3774	0.0978	0.5248	61.20	1.0000
833	0.4470	0.1050	0.4480	2.60E2	1.0000
834	0.5159	0.1450	0.3391	9.27E2	0.9999
835	0.3985	0.1001	0.5014	3.69E3	0.9996
836	0.4227	0.1347	0.4425	1.16E4	0.9985
837	0.3685	0.0828	0.5487	5.14E4	0.9949
838	0.3572	0.0991	0.5437	1.85E5	0.9791
839	0.3707	0.0929	0.5364	7.40E5	0.9221
840	0.3588	0.1175	0.5237	2.26E6	0.6946

Tablo:4-11 in devamı; $p=5.0$, $KKS=0.40$

x	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
600	0.2531	0.1002	0.6467	2.53	1.0000
601	0.2562	0.0916	0.6522	7.06	1.0000
602	0.3142	0.0924	0.5934	24.00	1.0000
603	0.2970	0.0891	0.6139	80.10	0.9999
604	0.2806	0.0961	0.6233	2.34E2	0.9996
605	0.2990	0.0986	0.6024	7.09E2	0.9988
606	0.2594	0.0747	0.6659	2.46E3	0.9963
607	0.2421	0.0747	0.6833	7.98E3	0.9875
608	0.2743	0.0907	0.6350	2.41E4	0.9592
609	0.1966	0.0662	0.7371	7.16E4	0.8737
610	0.3248	0.1330	0.5422	1.75E5	0.6199

x	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
630	0.2392	0.0996	0.6612	2.40	1.0000
631	0.2803	0.0978	0.6219	6.88	1.0000
632	0.2863	0.0825	0.6311	23.90	1.0000
633	0.3185	0.1156	0.5659	65.80	0.9998
634	0.2762	0.0835	0.6403	2.18E2	0.9995
635	0.2902	0.0979	0.6119	6.45E2	0.9983
636	0.2503	0.0791	0.6706	2.04E3	0.9949
637	0.2941	0.1093	0.5966	5.49E3	0.9839
638	0.3236	0.1056	0.5708	1.68E4	0.9545
639	0.2541	0.0898	0.6562	4.77E4	0.8644
640	0.2229	0.0933	0.6838	1.14E5	0.6093

x	q_x	p_x	r_x	Γ	$u(x)$
830	0.3740	0.1234	0.5026	3.03	1.0000
831	0.3956	0.0970	0.5075	12.40	1.0000
832	0.3093	0.0918	0.5989	41.70	1.0000
833	0.2987	0.1083	0.5930	1.15E2	0.9999
834	0.2834	0.0814	0.6352	4.00E2	0.9997
835	0.3818	0.1513	0.4668	1.01E3	0.9989
836	0.2743	0.0740	0.6518	3.74E3	0.9971
837	0.3390	0.1185	0.5425	1.07E4	0.9901
838	0.3866	0.1180	0.4954	3.51E4	0.9703
839	0.3218	0.0950	0.5832	1.19E5	0.9052
840	0.3803	0.1225	0.4972	3.69E5	0.6846

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Önemi ülkemizde de hızla artan tüketicinin korunması olayında, üretilen mal ve hizmetlerin kalitesi, önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüketicinin korunması, üreticileri makûl fiyatlarla kaliteli mal üretimine zorlamaktadır. Kaliteden taviz vermeden kârlılığı artırma arayışına giren yöneticiler, pek çok öğenin yanı sıra istatistiksel kalite kontrolü tekniklerinden de yararlanmaktadırlar.

Bu çalışmada toplam kalite maliyeti, zamanın bir fonksiyonu olan kalite seviyesine bağlı olarak ele alınmış, firmanın net geliri, kalite maliyetlerinin muhtelif bileşenleri ön planda tutulmak kaydıyla formüle edilmiş ve optimum kalite yolunun sıfır kusur noktasına doğru hareketi zorunlu kıldığı gösterilmiştir. Bu sonuca, problemi bir varyasyonlar hesabı problemi olarak ele alıp incelemek suretiyle ulaşılmıştır.

Piyasa payı x büyüklüğünde olan bir firmanın, satışlarından elde ettiği net gelir $\pi(t)$, kabul örnekleme tekniğine bağlı olarak oluşan maliyetleri, yani bir birim ürünün kontrolü için yapılan $C_1[q(t)]$ harcaması ile nihai kontrolden geçmeden piyasaya sürülen bir birim ürünün neden olduğu $C_2[q(t)]$ zararı dikkate alınarak formüle edilmiştir. Yeni kazanılan müşteriler ile varış olgusu, kaybedilen müşterilerle servis olgusu eşlenerek, probleme varış ve servis debisi lineer olan bir kuyruk problemi olarak bakılması sağlanmıştır.

Kusurlu parça yüzdesi bir rasgele değişken olarak düşünülmüş ve dejenere olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahip olduğu varsayılmıştır. Kazancın beklenen değerinin

maksimum kılınabilmesi amacıyla $P(y \leq r)$ nin ve buna bağlı olarak r değerinin ve p kusurlu oranının optimum değeri belirlenmiştir. $P(y \leq r)=0$ olması ürünün tamamının kontrol edilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. $0 < P(y \leq r) < 1$ ilişkisinin,

$$k > bl$$

$$0 < A < 1 - \frac{k-bl}{kl} = \frac{(\pi_1 - pC_s) l - k}{kl} < 1$$

ilişkilerini doğruduğu gösterilmiştir. $v^* = P(y \leq r^*)$ olmak üzere, $E[\pi(t)]$ yi maksimum kılan v^* değeri kullanılarak,

$$v^* = P(y \leq r^*) = \sum_{i=0}^{r^*} C(Ax, i) p^i (1-p)^{Ax-i}, \quad A \neq 1$$

ilişkisinden, örnekteki kabul edilebilir bozuk mal sayısının optimum değeri olan r^* ın bulunabileceği ifade edilmiştir.

$\sigma - \delta > 0$ iken, $dE[\pi(t)]/dp < 0$ ve $d^2E[\pi(t)]/dp^2 > 0$ olduğu gösterilmiş, $E[\pi(t)]$ nin maksimum değerine p nin olası en küçük değerinde ulaşacağı saptanmıştır.

$\sigma - \delta < 0$ koşulu altında kusurlu parça yüzdesinin optimum değeri,

$$p^* = 1 - \frac{1}{\pi_1} \left[C_i - \frac{\pi_1}{(\sigma - \delta) t} \right]$$

olarak bulunmuştur.

Son olarak, firmanın pazar payının bir doğum-ölüm

sürecinin çizdiği çerçeve içerisinde formüle edilmesi sağlanmış, $u(x)=P_x(T_a < T_b)$ olasılığı, Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. tarafından üretilen DIII sigorta buşonları için iki farklı yöntem kullanılarak hesaplanmıştır.

Birinci yöntemde, iki noktadan geçen oskülasyon polinomları yardımı ile yapılan incelemede verilerin değişimini gösteren eğri gözönünde bulundurularak, verilen bir x_i değerine tekabül eden Δt_i^+ ve Δt_i^- değerlerinin ayrı ayrı aritmetik ortalamalarının alınmasıyla elde edilen Δt^+ ve Δt^- değerlerinin kullanılmasıyla q_x , p_x , r_x ve $u(x)$ olasılıkları hesaplanmış ve $p=4.0$, $p=5.0$, $KKS=0.40$ için Tablo:4-9 da görülen değerler elde edilmiştir. Bu tablolarda x in değişim aralıkları, $u(x)$ olasılıklarının uzun süre aynı değerler üzerinde seyretmesine olanak tanımayacak kadar dar tutulmuştur. Kusurlu oranının artmasının $u(x)$ olasılıklarında azalmaya neden olduğu açıkça gözlenmiştir.

İkinci yöntemde ise Δt_i değerleri, üretim miktarındaki değişimin Tablo:4-3 de sergilenen yönüne göre, artma ve azalma adı altında iki sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflardaki verilerin ikinci dereceden bir polinomla temsil edilen trend eğrisine daha iyi uyduğu saptanmış ve üretim miktarının $[a,b]$ aralığında değişen muhtelif değerleri için Δt_i^+ ve Δt_i^- , bu polinomlar vasıtasıyla hesaplanmıştır. Buradan hareketle q_x , p_x , r_x ve $u(x)$ olasılıkları saptanmış ve $p=4.0$, $p=5.0$, $KKS=0.40$ için Tablo:4-11 de görülen değerler elde edilmiştir. Burada da kusurlu oranının artmasının $u(x)$ olasılıklarında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, kusurlu oranının artmasına paralel olarak yöneticilerin diğer önleyici faktörleri devreye sokmalarına ve yeterince dikkatli olmaya kendilerini zorlamalarına bağlanabilir. Kusurlu oranının ileri derecede artması halinde bu tür faktörlerin de etkisini yitirebileceği, hatta yapılan işin anlamının kalmayacağı açıktır.

Kusurlu oranı p nin olasılık yoğunluk fonksiyonunu farklı formlarda alarak yukarıda yapılan analizi zenginleştirmek, gelişmelerin izleyeceği yolu sürerek burada ele alınıp yanıtlanmamış pek çok soruya yanıt bulabilmek olasıdır. Ayrıca mevcut gelişmelerin yönlendirdiği doğrultuda Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. tarafından üretilen muhtelif ürünler için durağan dağılımların saptanması da düşünülebilir. Bu çalışmada ele alınıp incelenen özellikler ve geliştirilen yöntemler diğer ürünlere de genelleştirilebilir.



KAYNAKLAR

- [1] KOBU, B., Endüstriyel Kalite Kontrolü, İ.Ü. İşletme Fakültesi-İşletme İktisadi Enstitüsü Yayını, 1987.
- [2] BRAVERMAN, J.D., Fundamentals of Statistical Quality Control, A Prentice-Hall Company, 1981.
- [3] WESTMAN, A.E.R., Quality Control Leads The Way, Quality Progress, pp. 21-25, May 1974.
- [4] SARKADI, K., and VINCZE, I., Mathematical Methods of Statistical Quality Control, Academic Press, 1974
- [5] HOEL, P.G., PORT, S.C., STONE, C.J., Introduction to Stochastic Processes, Houghton Mifflin Company, 1972.
- [6] İŞCİL, N., İstatistiksel Kalite Kontrolü, Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayın No:88, 1975.
- [7] BURR, I.W., Statistical Quality Control Methods, U.S.A., Marcel Dekker, 1976.
- [8] JURAN, J.M., GRZYNA, F.M., Quality Planning and Analysis, Tata McGraw-Hill Publishing Company LTD., 1983.
- [9] KOBU, B., Üretim Yönetimi, İstanbul: Fatih Yayınevi, 1981.
- [10] FEIGENBAUM, A.V., Total Quality Control, McGraw-Hill Book Company, 1962.
- [11] BATSON, R.G., Discovered:Quality's Missing Link, Quality Progress, pp.61-64, October 1988.
- [12] CAMPANELLA, J., CORCORAN, F.J., Principles of Quality Costs, Quality Progress, pp.16-22, April 1983.
- [13] JURAN, J.M., Quality Control Handbook, McGraw-Hill, 1974.
- [14] WILLIAMS, H.E., Quality Plus Productivity Plus Cost equals Profit, Quality Progress, pp.17-20, October 1984.
- [15] SCHNEIDERMAN, A.M., Optimum Quality Costs and Zero

Defects: Are They Contradictory Concepts ?,
Quality Progress, pp.28-31, November 1986.

- [16] LESTER, R.H., ENRICK, N.L., MOTTLEY, H.E., Quality Control for Profit, Industrial Press Inc., 1977.
- [17] HSIANG, T.C., LEE, H.L., Zero Defects: A Quality Costs Approach, Communications in Statistics Theory and Methods, 14(11), 2641-2655, 1985.
- [18] CAPLEN, R., A Practical Approach to Quality Control, Brandon/Systems Press, 1970.
- [19] GELFAND, I.M., FOMIN, S.V., Calculus of Variations, Prentice-Hall, Inc., 1963.
- [20] LEE, H.L., TAPIERO, C.S., Quality Control and the Sales Process, Naval Research Logistics Quarterly, Vol.33, No.4, 569-587, November 1986.
- [21] GROSS, D., and HARRIS, C.M., Fundamentals of Queueing Theory, John Wiley & Sons, 1974.
- [22] TAHA, H.A., Operations Research an Introduction, Mac Millan Publishing Co., Inc., New York, 1976.
- [23] FELLER, W., An Introduction to Probability Theory and Its Applications, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1957.
- [24] SCHEID, F., Numerical Analysis, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill Book Company, 1968.

EKLER

Bu bölümde, Kaleporselen Elektroteknik Sanayi A.Ş. de üretilen DIII sigorta buşonlarının, yıllık üretim miktarlarına ait veriler kullanılarak yapılan analizde yer alan,

- tabloların oluşturulmasında,
- oskülasyon polinomlarının inşa edilip grafiklerinin çizilmesinde,
- α , δ , σ , θ ve β parametrelerinin simüle edilmesinde,
- regresyon analizinde kullanılan, birinci ve ikinci dereceden polinomlar formunda ifade edilen bağıntıların inşasında ve standard hataların hesaplanmasında,
- q_x , p_x , r_x ve $u(x)$ olasılıklarının hesaplanmasında,

kullanılan ve Pascal programlama dili kullanılarak hazırlanan programlar yer almaktadır.

```
{ ===== }
{ =      Bu program Turbo Pascal 5.00      = }
{ =  Yazılım desteği Nejat DİZDAR 1991    = }
{ ===== }
```

```
{SN+}
```

```
Uses Crt,Graph,Printer ;
```

```
Type
```

```
  Real      = Extended ;
  DataRec   = Record
    DeltaM   : Real ;
    DeltaG   : Real ;
    DeltaT   : Real ;
    DeltaX,X : Real ;
  End ;
  ParRec    = Record
    Alpha    : Real ;
    Delta    : Real ;
    Mu       : Real ;
    Sigma    : Real ;
    Beta     : Real ;
  End ;
  DDTRec    = Record
    dT       : Real ;
    X        : Real ;
    Qxi      : Real ;
    Pxi      : Real ;
    Rxi      : Real ;
  End ;
  Vector    = Array[1..10] of Real ;
```

```

Const
  Sure          = 300 ;
  Tarih         : Word = 1977 ;
  VecX          : Integer = 0 ;
  VecY          : Integer = 0 ;
  MaxValue      : Real = 0.0 ;
  MinValue      : Real = 0.0 ;
  CrsPosY       : Integer = 0 ;
  PrnFlag       : Boolean = False ;
  PrnFlag2      : Boolean = False ;
  BGIPath       = 'C:\TP\BGI\' ;

Var
  Data          : Array[0..10] of DataRec ;
  Kusurlu,KKS   : Real ;
  Parameter     : Array[0..10] of ParRec ;
  PRM1,PRM2,PRM : ParRec ;
  dT,dX         : Vector ;
  Chx           : Char ;

Procedure OpenGraph( Path : String ) ;
Var Gd,Gm : Integer ;
Begin
  Gd:=Detect ; InitGraph(Gd,Gm,Path) ;
End ;

Procedure PutVec( X,Y : Integer ; Flag : Boolean ) ;
Begin
  MoveTo(VecX,VecY) ; VecX:=X ; VecY:=Y ;
  If Flag then LineTo(VecX,VecY) ;
End ;

Procedure Cls ;
Begin
  ClearDevice ; CrsPosY:=0 ; MoveTo(0,0) ;
End ;

Function Dbl( R : Real ) : Real ;
Begin
  Dbl:=R ;
End ;

Function Fact( x : Byte ) : Real ;
Var R : Real ;
Begin
  R:=1.0 ;
  While( x>0 ) do
    begin
      R:=R*x ; Dec(x) ;
    end ;
  Fact:=R ;
End ;

Function Pow( R : Real ; P : Byte ) : Real ;
Begin
  If R<=0 then Pow:=1.0 else Pow:=Exp(1.0*P*Ln(R)) ;
End ;

Function Binom( n,r : Byte ; P : Real ) : Real ;
Var M : Byte ;
  R1,RO: Real ;
Begin
  R1:=1.0 ; RO:=0 ;
  For M:=0 to R do
    begin
      RO:=RO+R1*Pow(P,M)*Pow(1-P,n-M)/Fact(M) ;
      R1:=R1*(N-M) ;
    end ;
  Binom:=RO ;
End ;

Function Spc( Ch : String ; N : Byte ) : String ;
Var S : String ;
Begin
  S:='' ;
  While N>0 do
    begin
      S:=S+Ch ; Dec(N) ;
    end ;
  Spc:=S ;
End ;

```

```

Function Simulation( R : Real ) : Real ;
Var A,B : Real ;
    i,N : Byte ;
Begin
    Randomize ; a:=1.0 ; N:=1+Random(10) ;
    For i:=1 to N do a:=a*random ; a:=-ln(a) ;
    b:=1.0 ; N:=1+Random(10) ;
    For i:=1 to N do b:=b*random ; b:=-ln(b) ;
    a:=a/(a+b) ; R:=A*r ;
    Simulation:=R ;
End ;

Function StrReal( R : Real ; N,F : Byte ) : String ;
Var S : String ;
Begin
    Str(R:N:F,S) ; StrReal:=S ;
End ;

Function StrR( R : Real ; N : Byte ) : String ;
Var S : String ;
Begin
    Str(R:N,S) ; StrR:=S ;
End ;

Function StrInt( I : LongInt ; N : Byte ) : String ;
Var S : String ;
Begin
    Str(I:N,S) ; StrInt:=S ;
End ;

Function Spline( Xo : Real ; X,Y : Vector ; N : Byte ) : Real ;
Var i,j,k : Byte ;
    h,a,b,Yo : Real ;
    y2,u : Vector ;
procedure sort ;
var i,j : Byte ;
begin
    for i:=1 to n-1 do
        for j:=i to n do if X[i]>X[j] then
            begin
                h:=X[i] ; X[i]:=X[j] ; X[j]:=h ;
                h:=Y[i] ; Y[i]:=Y[j] ; Y[j]:=h ;
            end ;
        end ;
    end ;
procedure dif ;
var i : Byte ;
begin
    y2[1]:=Dbl(0.0) ; u[1]:=Dbl(0.0) ;
    for i:=2 to N-1 do
        begin
            h:=(X[i]-X[i-1])/(X[i+1]-X[i-1]) ;
            a:=h*y2[i-1]+2.0 ; y2[i]:=(h-1.0)/a ;
            u[i]:=(Y[i+1]-Y[i])/(X[i+1]-X[i])-
                (Y[i]-Y[i-1])/(X[i]-X[i-1]) ;
            u[i]:=(6.0*u[i]/(X[i+1]-X[i-1])-h*u[i-1])/a ;
        end ;
    y2[n]:=Dbl(0.0) ;
    for i:=n-1 downto 1 do y2[i]:=y2[i]*y2[i+1]+u[i] ;
end ;
Begin
    sort ; dif ; i:=1 ; j:=N ;
    While ( (j-i)>1 ) do
        begin
            k:=(j+i) DIV 2 ; If (X[k]>Xo) then j:=k else i:=k ;
        end ;
    h:=X[j]-X[i] ;
    If ( h = Dbl(0.0) ) then begin Spline:=0 ; Exit; end ;
    a:=(X[j]-Xo)/h ; b:=(Xo-X[i])/h ;
    Yo:=a*Y[i]+b*Y[j]+((a*a*a-a)*Y2[i]+
        (b*b*b-b)*Y2[j])*(h*h)/6.0 ;
    Spline:=Yo ;
End ;

Function Lag( X : Real ;
                PY,PX : Vector ; N : Word ) : Real ;
Var I,J,K : Word ;
    P,Q,R,Ri : Real ;
    Result : Real ;
Begin
    Result:=Dbl(0.0) ;

```

```

For i:=1 to N do
begin
  P:=1.0 ; Q:=P; R:=Dbl(0.0) ;
  For J:=1 to N do If (I<>J) then
  begin
    P:=P*(X-PX[J]) ; Q:=Q*(PX[I]-PX[J]) ; Ri:=1.0 ;
    For K:=1 to N do If (K<>I) AND (K<>J) then
      Ri:=Ri*(PX[I]-PX[K]) ;
    R:=R+Ri ;
  end ;
  Result:=Result*(1-2*(R/Q)*(X-PX[I]))*
    Sqr(P/Q)*PY[I] ;
end ;
Lag:=Result ;
End ;

Function Lag3( X : Real ; PY,PX : Vector ; N : Word ) : Real ;
Var i : Byte ;
    AX,AY: Vector ;
Begin
  i:=n ;
  While(( X<PX[i]) And (i>0)) do Dec(i) ;
  If (i=0) Or (i=N) then
  begin
    If i=0 then Lag3:=PY[1] else Lag3:=PY[n] ; Exit ;
  end ;
  If i=1 then
  begin
    AX[2]:=PX[i+1] ; AY[2]:=PY[i+1] ;
    AX[1]:=PX[i] ; AY[1]:=PY[i] ;
    Lag3:=Lag(X,AY,AX,2) ;
  end
  else
  begin
    AX[3]:=PX[i+1] ; AY[3]:=PY[i+1] ;
    AX[2]:=PX[i] ; AY[2]:=PY[i] ;
    AX[1]:=PX[i-1] ; AY[1]:=PY[i-1] ;
    Lag3:=Lag(X,AY,AX,3) ;
  end ;
End ;

Function Lag2( X : Real ; PY,PX : Vector ; N : Word ) : Real ;
Var i : Byte ;
    AX,AY: Vector ;
Begin
  i:=n ;
  While(( X<PX[i]) And (i>0)) do Dec(i) ;
  If (i=0) Or (i=N) then
  begin
    If i=0 then Lag2:=PY[1] else Lag2:=PY[n] ; Exit ;
  end ;
  If i=0 then
  begin
    AX[1]:=PX[i+1] ; AY[1]:=PY[i+1] ;
    Lag2:=Lag(X,AY,AX,1) ;
  end
  else
  begin
    AX[2]:=PX[i+1] ; AY[2]:=PY[i+1] ;
    AX[1]:=PX[i] ; AY[1]:=PY[i] ;
    Lag2:=Lag(X,AY,AX,2) ;
  end ;
End ;

Function RND : Real ;
Begin
  Randomize ; RND:=Random(100)/100.0 ;
End ;

Function Poly( N : Byte ; V : Vector ; X : Real ) : Real ;
Var R : Real ;
    i : Byte ;
begin
  R:=Dbl(0.0) ; For i:=0 to N do R:=R+V[i+1]*Pow(X,i) ; Poly:=R ;
end ;

Procedure SwapR( Var A, B : Real ) ;
Var T : Real;
Begin
  T:=A ; A:=B ; B:=T ;

```

```

End ;

Procedure Found( Var Pq : ParRec ) ;
Type
  Rcv = Record
    n : Byte ;
    d : Array[0..10] of Real ;
  End ;
Var Q,P,F : Rcv ;
    i,j : Byte ;
    Rnval : Real ;
    Solve : Real ;

Procedure PressLn( S : String ) ;
Begin
  OutText(S) ; Inc(CrsPosY,8) ; MoveTo(0,CrsPosY) ;
End ;

Procedure Calc(Q : Rcv ) ;
Var i,j : Word ;
    Spqx : Real ;
    Pxq : Real ;
Begin
  For i:=1 to q.n-1 do
    For j:=i to q.n do
      If (Q.d[i]>Q.d[j]) And ( Q.d[j]<>0) then
        SwapR(Q.d[i],Q.d[j]) ;
      end ;
    end ;
  For i:=0 to 10 do
    begin
      P.d[i]:=Q.d[i] ; F.d[i]:=Q.d[i] ;
    end ;
  For i:=1 to Q.n do
    begin
      P.d[i]:=Dbl(0.0) ;
      For j:=i to Q.n do
        begin
          P.d[i]:=P.d[i]+(Q.d[i]-q.d[i-1])/Q.d[j] ;
        end ;
      P.d[i]:=P.d[i]/4.0 ; F.d[i]:=F.d[i-1]+P.d[i] ;
    end ;
  Spqx:=Dbl(0.0) ;
  For i:=1 to 61 do
    begin
      RnVal:=RND ; j:=1 ;
      While( RnVal>F.d[j] ) do Inc(j) ;
      Pxq:=(RnVal-F.d[j-1])*(Q.d[j]-
        Q.d[j-1])/P.d[j]+Q.d[j-1] ;
      Spqx:=Spxq+Pxq ;
    end ;
  Solve:=Spxq/Dbl(61.0) ;
End ;

Begin
  Q.n:=0 ; Q.d[0]:=Dbl(0.0) ;
  For i:=1 to 10 do
    begin
      Q.d[i]:=Dbl(0.0) ;
      If Parameter[i].Alpha<>Dbl(0.0) then
        begin
          Inc(Q.n) ;
          Q.d[Q.n]:=Parameter[i].Alpha ;
        end ;
    end ;
  Calc(Q) ; Pq.Alpha:=Solve ;

  Q.n:=0 ; Q.d[0]:=Dbl(0.0) ;
  For i:=1 to 10 do
    begin
      Q.d[i]:=Dbl(0.0) ;
      If Parameter[i].Delta<>Dbl(0.0) then
        begin
          Inc(Q.n) ; Q.d[Q.n]:=Parameter[i].Delta ;
        end ;
    end ;
  Calc(Q) ; Pq.Delta:=Solve ;

  Q.n:=0 ; Q.d[0]:=Dbl(0.0) ;
  For i:=1 to 10 do
    begin
      Q.d[i]:=Dbl(0.0) ;

```

```

        If Parameter[i].Mu<>Dbl(0.0) then
        begin
            Inc(Q.n) ; Q.d[Q.n]:=Parameter[i].Mu ;
        end ;
    end ;
    Calc(Q) ; Pq.Mu:=Solve ;

    Q.n:=0 ; Q.d[0]:=Dbl(0.0) ;
    For i:=1 to 10 do
    begin
        Q.d[i]:=Dbl(0.0) ;
        If Parameter[i].Sigma<>Dbl(0.0) then
        begin
            Inc(Q.n) ; Q.d[Q.n]:=Parameter[i].Sigma ;
        end ;
    end ;
    Calc(Q) ; Pq.Sigma:=Solve ;

    Q.n:=0 ; Q.d[0]:=Dbl(0.0) ;
    For i:=1 to 10 do
    begin
        Q.d[i]:=Dbl(0.0) ;
        If Parameter[i].Beta<>Dbl(0.0) then
        begin
            Inc(Q.n) ; Q.d[Q.n]:=Parameter[i].Beta ;
        end ;
    end ;
    Calc(Q) ; Pq.Beta:=Solve ;
End ;

Procedure Regression( M,N : Byte ; Y,X : Vector ;
                    Var A : Vector ;
                    Var StdErr : Real ) ;
{ M Veri miktarı, N ise polinomun derecesi }
Type Mtx      = Array[1..10,1..10] of Real ;
Var S        : Mtx ;
    Z        : Array[0..20] of Real ;
    R        : Vector ;
procedure crmt ;
var i,j : byte ;
begin
    For i:=0 to 20 do Z[i]:=Dbl(0.0) ; Z[0]:=1.0*M ;
    For i:=1 to 10 do
    begin R[i]:=Dbl(0.0) ; A[i]:=Dbl(0.0) ; end ;
    For i:=1 to M do
    begin
        For j:=1 to N do
        begin
            Z[j]:=Z[j]+Pow(X[i],j) ;
            Z[j+N]:=Z[j+N]+Pow(X[i],j+N) ;
            R[j+1]:=R[j+1]+Y[i]*Pow(X[i],j) ;
        end ;
        R[1]:=R[1]+Y[i] ;
    end ;
    For i:=1 to N+1 do
        For j:=1 to N+1 do S[i,j]:=Z[i+j-2] ;
    end ;
    procedure solve ;
    var k,l,j,m : Byte ;
        lval : Real ;
    begin
        for k:=1 to N do
        begin
            l:=k ;
            for m:=k+1 to n+1 do
            begin
                Lval:=Abs(S[m,k])-Abs(S[l,k]) ;
                if Lval>Dbl(0.0) then l:=m ;
            end ;
            if l<>k then
            begin
                for j:=k to n+1 do
                begin
                    Lval:=S[k,j] ; S[k,j]:=S[l,j] ; S[l,j]:=Lval ;
                end ;
                Lval:=R[k] ; R[k]:=R[l] ; R[l]:=Lval ;
            end ;
            for m:=k+1 to n+1 do
            begin

```

```

    LVal:=S[m,k]/S[k,k] ; S[m,k]:=Dbl(0.0) ;
    for j:=k+1 to n+1 do S[m,j]:=S[m,j]-
                                LVal*S[k,j] ;
    R[m]:=R[m]-LVal*R[k] ;
    end ;
end ;
A[n+1]:=R[n+1]/S[n+1,n+1] ;
for m:=n downto 1 do
begin
    LVal:=Dbl(0.0) ;
    for j:=m+1 to n+1 do LVal:=LVal+S[m,j]*A[j] ;
    A[m]:=(R[m]-LVal)/S[m,m] ;
end ;
end ;
Procedure StdError ;
Var O : Real ;
    i : Byte ;
begin
    O:=Dbl(0.0) ;
    For i:=1 to M do O:=O+Sqr(V[i]-Poly(N,A,X[i])) ;
    StdErr:=Sqrt(O/M) ;
end ;
Begin
    crmt : solve ; StdError ;
End ;

procedure HardCopy( Inverse : Boolean ; Mode : Byte ) ;
{ MODE 0   Single-Density Graphic Normal Pixel }
{   1   Double-Density      "      "      "   }
{   2   Single-Density Graphic Big Pixel   }
{   3   Double-Density      "      "      "   }
Const
    Esc      = 27 ;
Var
    ScanLine : Integer ;
    n1, n2   : Byte ;
    nz       : Word ;
procedure SendByte( B : Byte ) ;
begin { PortNumber Default LPT1=0      ??? }
    InLine($31/$C0/$8A/$46/<B/$31/$D2/$B2/$00/$CD/$17) ;
end ;

{$B+} { Turn off short circuit boolean evaluation }
function ConstructByte( X , Y : Integer ) : Byte ;
const
    Bits : array[0..7] of byte = (128,64,32,16,8,4,2,1);
var
    CByte, Bit : byte;
begin
    X:=X shl 3 ; CByte:=0 ;
    for Bit := 0 to 7 do
        if GetPixel(X+Bit,Y)<>0 then
            CByte:=CByte+Bits[Bit] ;
    ConstructByte:=CByte ;
end ;
{$B-} { Turn on short circuit boolean evaluation }
procedure DoLine;
var
    XPixel : integer;
    PrintByte : byte;
begin
    SendByte(Esc) ; If (Mode And 1)=0 then SendByte(75) else SendByte(76) ;
    SendByte(n1) ;
    SendByte(n2) ;
    for XPixel := GetMaxY downto 0 do
        begin
            PrintByte:=ConstructByte(ScanLine,XPixel) ;
            if Inverse then PrintByte:=Not(PrintByte) ;
            SendByte(PrintByte) ;
            If Mode>1 then SendByte(PrintByte) ;
        end;
    SendByte(10);
end; { DoLine }
begin
    SendByte(Esc) ; SendByte(Ord('3')) ; SendByte(24) ; Mode:=Mode And 3 ;
    If Mode in [0,1] then nz:=Succ(GetMaxY)
        else nz:=2*Succ(GetMaxY) ;
    n1 := Lo(nz) ; n2 := Hi(nz) ;
    for ScanLine := 0 to (GetMaxX div 8) do DoLine ;
    SendByte(Esc) ; SendByte(2) ;

```

```

end; { HardCopy }

Function CalcX( t : Real ; Xi,Ti : Vector ; N : Byte ) : Real ;
Var i : Byte ;
Begin
  i:=1 ;
  While t>Ti[i] do Inc(i) ;
  CalcX:=Lag2(t,Ti,Xi,10) ; { Lag2 fonksiyonu kullaniliyor .. }
End ;

Function InSide( R : Real ) : Boolean ;
begin
  if (R>Dbl(1.0)) OR (R<Dbl(0.0)) then InSide:=False else InSide:=True ;
end ;

Procedure WriterLn( S : String ) ;
Begin
  If PrnFlag then WriteLn(Lst,S) ;
  OutText(S) ; Inc(CrsPosY,8) ; MoveTo(0,CrsPosY) ;
End ;

Procedure Writer( S : String ) ;
Begin
  If PrnFlag then Write(Lst,S) ; OutText(S) ;
End ;

Procedure WriterSmall( S : String ) ;
Begin
  If PrnFlag then Write(Lst,#27,'S1',S,#27,'T') ;
  OutText(S) ;
End ;

Procedure PrinterOpen( S : String ) ;
Var Ch : Char ;
Begin
  OutText(S+' için yazıcıdan çıkış istiyormusunuz ? [E/H]') ;
  Repeat Ch:=ReadKey ; Until Ch in ['e','E','H','h'] ;
  If Ch in ['E','e'] then PrnFlag:=True ;
End ;

Procedure Wait ;
Var Ch : Char ;
Begin
  PrnFlag:=False ;
  OutTextXY(1,GetMaxY-8,
    'Devam için bir tuşa basınız.' ) ;
  Ch:=ReadKey ; Cls ;
End ;

Procedure PressLn( S : String ) ;
Begin
  OutText(S) ; Inc(CrsPosY,8) ; MoveTo(0,CrsPosY) ;
End ;

Procedure GrSpLines( XPos,YPos : Vector ) ;
Var i,j : Word ;
    r : Real ;
procedure PutDot( X,Y : Vector ; N : Byte ) ;
begin
  While( N>0 ) do
  begin
    Circle(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
      260-Trunc(0.035*Y[N]),4) ;
    SetLineStyle(1,1,1) ;
    MoveTo(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
      260-Trunc(0.035*MinValue)) ;
    LineTo(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
      260-Trunc(0.035*Y[N])) ;
    SetLineStyle(0,1,1) ; Dec(N) ;
  end ;
end ;
procedure PutMaxMin ;
begin
  SetLineStyle(2,1,1) ;
  Line(20,260-Trunc(0.035*MinValue),
    GetMaxX-30,260-Trunc(0.035*MinValue)) ;
  Line(20,260-Trunc(0.035*MaxValue),
    GetMaxX-30,260-Trunc(0.035*MaxValue)) ;
  SetLineStyle(0,1,1) ; Line(20,260,GetMaxX-30,260) ;
  SetTextStyle(SmallFont,HorizDir,4) ;

```

```

PutDot(XPos,YPos,10) ;
OutTextXY(24,268-Trunc(0.030*MinValue),
          StrReal(MinValue,0.2)) ;
OutTextXY(24,250-Trunc(0.035*MaxValue),
          StrReal(MaxValue,0.2)) ;

OutTextXY(10,260,'0') ;
SetTextStyle(DefaultFont,HorizDir,1) ;
OutTextXY(10,2,'x') ; OutTextXY(676,334,'t') ;
MoveTo(670,333) ; LineTo(667,340) ;
LineTo(673,340) ; LineTo(670,333) ;
end ;
procedure Writting ;
begin
  SetTextStyle(DefaultFont,VertDir,1) ;
  OutTextXY(18,100,' Uretim Miktari') ;
  PutPixel(10,104,0) ; PutPixel(10,103,0) ;
  PutPixel(7,206,1) ; PutPixel(7,205,1) ;
  PutPixel(7,211,1) ; PutPixel(7,210,1) ;
  PutPixel(6,206,1) ; PutPixel(6,205,1) ;
  PutPixel(6,211,1) ; PutPixel(6,210,1) ;
  SetTextStyle(DefaultFont,HorizDir,1) ;
  OutTextXY(280,333,'Birim Degisim suresi') ;
  Line(346,333,350,333) ; PutPixel(362,340,1) ;
  PutPixel(363,340,1) ; PutPixel(361,341,1) ;
  PutPixel(362,341,1) ; PutPixel(400,333,1) ;
  PutPixel(401,333,1) ; PutPixel(405,333,1) ;
  PutPixel(406,333,1) ;
end ;
Begin
  Cls ; SetLineStyle(0,1,1) ;
  Rectangle(20,0,GetMaxX-30,GetMaxY-18) ;
  MinValue:=1e38 ; MaxValue:=-1e38 ;
  For j:=0 to 669 do
    begin
      i:=j*1 ;
      r:=0.35+i*4.01/720.0 ; R:=Spline(r,XPos,YPos,10) ;
      If MaxValue<r then MaxValue:=R ;
      If MinValue>r then MinValue:=r ;
      PutVec(20+i,260-Trunc(0.035*R),i<>0) ;
    end ;
    PutMaxMin ; Writting ;
  End ;

  Procedure GrOscLagrange( XPos,YPos : Vector ) ;
  Var j,i : Word ;
      r : Real ;
  procedure PutDot( X,Y : Vector ; N : Byte ) ;
  begin
    While( N>0 ) do
      begin
        Circle(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
              265-Trunc(0.02*Y[N]),4) ;
        SetLineStyle(1,1,1) ;
        MoveTo(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),329) ;
        LineTo(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
              265-Trunc(0.02*Y[N])) ;
        SetLineStyle(0,1,1) ; Dec(N) ;
      end ;
    end ;
  procedure Writting ;
  begin
    SetTextStyle(DefaultFont,VertDir,1) ;
    OutTextXY(18,100,' Uretim Miktari') ;
    PutPixel(10,104,0) ; PutPixel(10,103,0) ;
    PutPixel(7,206,1) ; PutPixel(7,205,1) ;
    PutPixel(7,211,1) ; PutPixel(7,210,1) ;
    PutPixel(6,206,1) ; PutPixel(6,205,1) ;
    PutPixel(6,211,1) ; PutPixel(6,210,1) ;
    SetTextStyle(DefaultFont,HorizDir,1) ;
    OutTextXY(280,333,'Birim Degisim suresi') ;
    Line(346,333,350,333) ; PutPixel(362,340,1) ;
    PutPixel(363,340,1) ; PutPixel(361,341,1) ;
    PutPixel(362,341,1) ; PutPixel(400,333,1) ;
    PutPixel(401,333,1) ; PutPixel(405,333,1) ;
    PutPixel(406,333,1) ; OutTextXY(10,260,'0') ;
    Line(20,265,GetMaxX-30,265) ; OutTextXY(10,2,'x') ;
    OutTextXY(706,334,'t') ; MoveTo(700,333) ;
    LineTo(697,340) ; LineTo(703,340) ;
    LineTo(700,333) ;
  end ;

```

```

Begin
  Cls ; SetLineStyle(0,1,1) ;
  Rectangle(20,0,GetMaxX-30,GetMaxY-18) ;
  MinValue:=1e38 ; MaxValue:=-1e38 ;
  For j:=0 to 669 do
    begin
      i:=j*1 ;
      r:=0.35+i*4.01/720.0 ;
      R:=Lag(r,YPos,XPos,10) ;
      If MaxValue<r then MaxValue:=R ;
      If MinValue>r then MinValue:=r ;
      If r<-3200.0 then r:=-3200.0 ;
      If r>13250.0 then r:=13250.0 ;
      If j=657 then R:=2159.0 ;
      PutVec(20+j,265-Trunc(0.02*R),j<>0) ;
    end ;
    PutDot(XPos,YPos,10) ; Writting ;
  End ;

Procedure GrOscLagrange3( XPos,YPos : Vector ) ;
Var j,i : Word ;
    r : Real ;
procedure PutDot( X,Y : Vector ; N : Byte ) ;
begin
  While( N>0 ) do
    begin
      Circle(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
              265-Trunc(0.02*Y[N]),4) ;
      SetLineStyle(1,1,1) ;
      MoveTo(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),329) ;
      LineTo(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
              265-Trunc(0.02*Y[N])) ;
      SetLineStyle(0,1,1) ; Dec(N) ;
    end ;
  end ;
procedure Writting ;
begin
  SetTextStyle(DefaultFont,VertDir,1) ;
  OutTextXY(18,100,' Uretim Miktari') ;
  PutPixel(10,104,0) ; PutPixel(10,103,0) ;
  PutPixel(7,206,1) ; PutPixel(7,205,1) ;
  PutPixel(7,211,1) ; PutPixel(7,210,1) ;
  PutPixel(6,206,1) ; PutPixel(6,205,1) ;
  PutPixel(6,211,1) ; PutPixel(6,210,1) ;
  SetTextStyle(DefaultFont,HorizDir,1) ;
  OutTextXY(280,333,'Birim Degisim suresi') ;
  Line(346,333,350,333) ; PutPixel(362,340,1) ;
  PutPixel(363,340,1) ; PutPixel(361,341,1) ;
  PutPixel(362,341,1) ; PutPixel(400,333,1) ;
  PutPixel(401,333,1) ; PutPixel(405,333,1) ;
  PutPixel(406,333,1) ; OutTextXY(10,260,'0') ;
  Line(20,265,GetMaxX-30,265) ; OutTextXY(10,2,'x') ;
  OutTextXY(676,334,'t') ; MoveTo(670,333) ;
  LineTo(667,340) ; LineTo(673,340) ; LineTo(670,333) ;
end ;
Begin
  Cls ; SetLineStyle(0,1,1) ;
  Rectangle(20,0,GetMaxX-30,GetMaxY-18) ;
  MinValue:=1e38 ; MaxValue:=-1e38 ;
  For j:=0 to 669 do
    begin
      i:=j*1 ;
      r:=0.35+i*4.01/720.0 ;
      R:=Lag3(r,YPos,XPos,10) ;
      If MaxValue<r then MaxValue:=R ;
      If MinValue>r then MinValue:=r ;
      If r<-3200.0 then r:=-3200.0 ;
      If r>13250.0 then r:=13250.0 ;
      If j=657 then R:=2159.0 ;
      PutVec(20+j,265-Trunc(0.02*R),j<>0) ;
    end ;
    PutDot(XPos,YPos,10) ; Writting ;
  End ;

Procedure GrOscLagrange2( XPos,YPos : Vector ) ;
Var j,i : Word ;
    r : Real ;
procedure PutDot( X,Y : Vector ; N : Byte ) ;
begin
  While( N>0 ) do

```

```

begin
  Circle(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
        350-Trunc(0.15*Y[N]),4) ;
  SetLineStyle(1,1,1) ;
  MoveTo(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
        350-Trunc(0.15*MinValue)) ;
  LineTo(20+Trunc((X[N]-0.35)*720.0/4.01),
        350-Trunc(0.15*Y[N])) ;
  SetLineStyle(0,1,1) ; Dec(N) ;
end ;
end ;
procedure Writting ;
begin
  SetLineStyle(2,1,1) ;
  SetTextStyle(SmallFont,HorizDir,4) ;
  OutTextXY(35,350-Trunc(0.15*MinValue),
            StrReal(MinValue,0,2)) ;
  OutTextXY(35,340-Trunc(0.15*MaxValue),
            StrReal(MaxValue,0,2)) ;
  Line(20,350-Trunc(0.15*MinValue),
        GetMaxX-30,350-Trunc(0.15*MinValue)) ;
  Line(20,350-Trunc(0.15*MaxValue),GetMaxX-30,
        350-Trunc(0.15*MaxValue)) ;
  SetTextStyle(DefaultFont,VertDir,1) ;
  OutTextXY(18,100,' Uretim Miktarı') ;
  PutPixel(10,104,0) ; PutPixel(10,103,0) ;
  PutPixel(7,206,1) ; PutPixel(7,205,1) ;
  PutPixel(7,211,1) ; PutPixel(7,210,1) ;
  PutPixel(6,206,1) ; PutPixel(6,205,1) ;
  PutPixel(6,211,1) ; PutPixel(6,210,1) ;
  SetTextStyle(DefaultFont,HorizDir,1) ;
  OutTextXY(280,333,' Birim Degisim suresi') ;
  Line(346,333,350,333) ; PutPixel(362,340,1) ;
  PutPixel(363,340,1) ; PutPixel(361,341,1) ;
  PutPixel(362,341,1) ; PutPixel(400,333,1) ;
  PutPixel(401,333,1) ; PutPixel(405,333,1) ;
  PutPixel(406,333,1) ; OutTextXY(10,260,'0') ;
  Line(20,265,GetMaxX-30,265) ; OutTextXY(10,2,'x') ;
  OutTextXY(676,334,'t') ; MoveTo(670,333) ;
  LineTo(667,340) ; LineTo(673,340) ; LineTo(670,333) ;
end ;
Begin
  Cls ; SetLineStyle(0,1,1) ;
  Rectangle(20,0,GetMaxX-30,GetMaxY-18) ;
  MinValue:=1e38 ; MaxValue:=-1e38 ;
  For j:=0 to 669 do
    begin
      i:=j*1 ;
      r:=0.35+i*4.01/720.0 ;
      R:=Lag2(r,YPos,XPos,10) ;
      If MaxValue<r then MaxValue:=R ;
      If MinValue>r then MinValue:=r ;
      If j=657 then R:=2159.0 ;
      PutVec(20+j,350-Trunc(0.15*R),j<>0) ;
    end ;
    PutDot(XPos,YPos,10) ; Writting ;
  End ;

  Procedure KEKS( PerI : Real ; Pt : LongInt ; Var N,R,F : Word ) ;
  Var Per : LongInt ;
  Begin
    N:=0 ; R:=0 ; F:=0 ; Per:=Trunc(PerI*1000.0) ;
    If Pt<=50 then
      case Per of
        0..250: n:=Pt ;
          400: begin n:=32 ; F:=1 ; end ;
          650: begin n:=20 ; F:=1 ; end ;
          1000: begin n:=13 ; F:=1 ; end ;
          1500: begin n:=8 ; F:=1 ; end ;
          2500: begin n:=5 ; F:=1 ; end ;
          4000: begin n:=3 ; F:=1 ; end ;
          6400: begin n:=8 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
      end ;
    If (Pt>50) And (Pt<=90) then
      case Per of
        0..100: n:=Pt ;
          150: begin n:=80 ; F:=1 ; end ;
          250: begin n:=50 ; F:=1 ; end ;
          400: begin n:=32 ; F:=1 ; end ;
          650: begin n:=20 ; F:=1 ; end ;
      end ;

```

```

1000: begin n:=13 ; F:=1 ; end ;
1500: begin n:=8 ; F:=1 ; end ;
2500: begin n:=5 ; F:=1 ; end ;
4000: begin n:=3 ; F:=1 ; end ;
6400: begin n:=8 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
end ;
If (Pt>90) And (Pt<=150) then
case Per of
65: n:=Pt ;
100: begin n:=125 ; F:=1 ; end ;
150: begin n:=80 ; F:=1 ; end ;
250: begin n:=50 ; F:=1 ; end ;
400: begin n:=32 ; F:=1 ; end ;
650: begin n:=20 ; F:=1 ; end ;
1000: begin n:=13 ; F:=1 ; end ;
1500: begin n:=32 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
2500: begin n:=20 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
4000: begin n:=13 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
6400: begin n:=8 ; R:=2 ; F:=2 ; end ;
end ;
If (Pt>150) And (Pt<=280) then
case Per of
65: begin n:=200 ; F:=1 ; end ;
100: begin n:=125 ; F:=1 ; end ;
150: begin n:=80 ; F:=1 ; end ;
250: begin n:=50 ; F:=1 ; end ;
400: begin n:=32 ; F:=1 ; end ;
650: begin n:=20 ; F:=1 ; end ;
1000: begin n:=50 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
1500: begin n:=32 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
2500: begin n:=20 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
4000: begin n:=13 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
6400: begin n:=13 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
end ;
If (Pt>280) And (Pt<=500) then
case Per of
65: begin n:=200 ; F:=1 ; end ;
100: begin n:=125 ; F:=1 ; end ;
150: begin n:=80 ; F:=1 ; end ;
250: begin n:=50 ; F:=1 ; end ;
400: begin n:=32 ; F:=1 ; end ;
650: begin n:=80 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
1000: begin n:=50 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
1500: begin n:=50 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
2500: begin n:=20 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
4000: begin n:=20 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
6400: begin n:=20 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
end ;
If (Pt>500) And (Pt<=1200) then
case Per of
65: begin n:=200 ; F:=1 ; end ;
100: begin n:=125 ; F:=1 ; end ;
150: begin n:=80 ; F:=1 ; end ;
250: begin n:=50 ; F:=1 ; end ;
400: begin n:=125 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
650: begin n:=80 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
1000: begin n:=80 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
1500: begin n:=80 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
2500: begin n:=32 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
4000: begin n:=32 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
6400: begin n:=32 ; R:=5 ; F:=6 ; end ;
end ;
If (Pt>1200) And (Pt<=3200) then
case Per of
65: begin n:=200 ; F:=1 ; end ;
100: begin n:=125 ; F:=1 ; end ;
150: begin n:=80 ; F:=1 ; end ;
250: begin n:=200 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
400: begin n:=125 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
650: begin n:=125 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
1000: begin n:=125 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
1500: begin n:=125 ; R:=5 ; F:=6 ; end ;
2500: begin n:=50 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
4000: begin n:=50 ; R:=5 ; F:=6 ; end ;
6400: begin n:=50 ; R:=7 ; F:=8 ; end ;
end ;
If (Pt>3200) And (Pt<=10000) then
case Per of
65: begin n:=200 ; F:=1 ; end ;
100: begin n:=125 ; F:=1 ; end ;

```

```

        150: begin n:=80 ; F:=1 ; end ;
        250: begin n:=200 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
        400: begin n:=200 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
        650: begin n:=200 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
        1000: begin n:=200 ; R:=5 ; F:=6 ; end ;
        1500: begin n:=200 ; R:=7 ; F:=8 ; end ;
        2500: begin n:=80 ; R:=5 ; F:=6 ; end ;
        4000: begin n:=80 ; R:=7 ; F:=8 ; end ;
        6400: begin n:=80 ; R:=10 ; F:=11 ; end ;
    end ;
    If (Pt>10000) And (Pt<=35000) then
    case Per of
        65: begin n:=800 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
        100: begin n:=500 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
        150: begin n:=315 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
        250: begin n:=315 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
        400: begin n:=315 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
        650: begin n:=315 ; R:=5 ; F:=6 ; end ;
        1000: begin n:=315 ; R:=7 ; F:=8 ; end ;
        1500: begin n:=315 ; R:=10 ; F:=11 ; end ;
        2500: begin n:=125 ; R:=7 ; F:=8 ; end ;
        4000: begin n:=125 ; R:=10 ; F:=11 ; end ;
        6400: begin n:=125 ; R:=14 ; F:=15 ; end ;
    end ;
    If (Pt>35000) And (Pt<=150000) then
    case Per of
        65: begin n:=800 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
        100: begin n:=500 ; R:=1 ; F:=2 ; end ;
        150: begin n:=500 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
        250: begin n:=500 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
        400: begin n:=500 ; R:=5 ; F:=6 ; end ;
        650: begin n:=500 ; R:=7 ; F:=8 ; end ;
        1000: begin n:=500 ; R:=10 ; F:=11 ; end ;
        1500: begin n:=500 ; R:=14 ; F:=15 ; end ;
        2500: begin n:=200 ; R:=10 ; F:=11 ; end ;
        4000: begin n:=200 ; R:=14 ; F:=15 ; end ;
        6400: begin n:=200 ; R:=21 ; F:=22 ; end ;
    end ;
    If (Pt>150000) And (Pt<=500000) then
    case Per of
        65: begin n:=1250 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
        100: begin n:=800 ; R:=2 ; F:=3 ; end ;
        150: begin n:=800 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
        250: begin n:=800 ; R:=5 ; F:=6 ; end ;
        400: begin n:=800 ; R:=7 ; F:=8 ; end ;
        650: begin n:=800 ; R:=10 ; F:=11 ; end ;
        1000: begin n:=800 ; R:=14 ; F:=15 ; end ;
        1500: begin n:=800 ; R:=21 ; F:=22 ; end ;
        2500: begin n:=315 ; R:=14 ; F:=15 ; end ;
        4000: begin n:=315 ; R:=21 ; F:=22 ; end ;
        6400: begin n:=200 ; R:=21 ; F:=22 ; end ;
    end ;
    If Pt>500000 then
    case Per of
        65: begin n:=2000 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
        100: begin n:=1250 ; R:=3 ; F:=4 ; end ;
        150: begin n:=1250 ; R:=5 ; F:=6 ; end ;
        250: begin n:=1250 ; R:=7 ; F:=8 ; end ;
        400: begin n:=1250 ; R:=10 ; F:=11 ; end ;
        650: begin n:=1250 ; R:=14 ; F:=15 ; end ;
        1000: begin n:=1250 ; R:=21 ; F:=22 ; end ;
        1500: begin n:=800 ; R:=21 ; F:=22 ; end ;
        2500: begin n:=500 ; R:=21 ; F:=22 ; end ;
        4000: begin n:=315 ; R:=21 ; F:=22 ; end ;
        6400: begin n:=200 ; R:=21 ; F:=22 ; end ;
    end ;
End ;

Procedure ReadingData;
Var DosF : Text ;
    S : String ;
    Error: Integer ;
    i : Byte ;
    R1,R2 : Real ;
Begin
    Assign(DosF,'A:YURMIK.@@@') ;
    {$I-}
    Reset(DosF) ;
    If IOResult<>0 then
        begin

```

```

WriteLn('YURMIK.000 dosyasi bulunamadi...!') ; Halt ;
end ;
{$I+}
ReadLn(DosF,S) ; Val(S,Tarih,Error) ;
ReadLn(DosF,S) ; Val(S,R1,Error) ;
For i:=1 to 10 do
begin
    ReadLn(DosF,S) ; Val(S,R2,Error) ;
    Data[i-1].DeltaM:=(R2-R1)/Sure ;
    Data[i-1].DeltaG:=Data[i-1].DeltaM/Sure ;
    Data[i-1].DeltaT:=8.0/Data[i-1].DeltaG ;
    Data[i-1].DeltaX:=(R1+R2)/(2.0*Sure) ;
    Data[i-1].X:=Data[i-1].DeltaX*Data[i-1].DeltaT/8.0 ; R1:=R2 ;
end ;
Close(DosF) ;
End ;

Procedure Tablo2 ;
Var i,j : Byte ;
procedure SwapR( Var R1,R2 : Real ) ;
Var r : Real ;
begin
    r:=r1 ; r1:=r2 ; r2:=r ;
end ;
Begin
Cls ; { EKTRAN ICINDIR PRINTER'E GORE YENI BASTAN DIZAYN EDILECEK }
WriterLn('_____'+SpC('_____',5)+'|') ;
WriterLn('_____');
WriterLn('_____');
WriterLn('Dönemler      ±      |/\D      /\G      /\t      '+
        '\x          x          |');
WriterLn('_____'+SpC('_____',5)+'|') ;
For i:=0 to 9 do
begin
    Writer(''|'+StrInt(Tarih+i,4)+' - '|'+StrInt(Tarih+i+1,4)+' '|') ;
    If Data[i].DeltaM>Dbl(0.0) then Writer('+ ') ;
                                else Writer('- ') ;
    Writer(StrReal(Abs(Data[i].DeltaM),9,3)+' ');
    Writer(StrReal(Abs(Data[i].DeltaG),9,5)+' ');
    Writer(StrReal(Abs(Data[i].DeltaT),9,6)+' ');
    Writer(StrReal(Abs(Data[i].DeltaX),9,3)+' ');
    WriterLn(StrReal(Abs(Data[i].X),9,3)+' |') ;
    If i<>9 then
        WriterLn('_____'+SpC('_____',5)+'|') ;
        dT[i+1]:=Abs(Data[i].DeltaT) ; dX[i+1]:=Abs(Data[i].X) ;
end ;
WriterLn('_____'+SpC('_____',5)+'|') ;
If PrnFlag=True then WriteLn(Lst.#12) ;
For i:=1 to 9 do
    For j:=i to 10 do if dT[i]>dT[j] then
        begin
            SwapR(dX[i],dX[j]) ; SwapR(dT[i],dT[j]) ;
        end ;
End ;

Procedure Tablo3 ;
Var i : Byte ;
N,R,F : Word ;
S : String ;
Err : Integer ;
function Dbl( R : Real ) : Real ;
begin
    Dbl:=R ;
end ;
Begin
RestoreCrtMode ;
Repeat
    Write('Kusurlu orani % [1-5] : ') ; ReadLn(Kusurlu) ;
    Kusurlu:=Kusurlu/100.0 ;
Until (Kusurlu>=Dbl(0.01)) And (Kusurlu<=Dbl(0.05)) ;
Repeat
    WriteLn('Kalite kabul Yuzdeleri 0.065,0.10,0.15,0.25,0.40,0.65'.
        ',1.0,1.5,2.5,4.0,6.4') ;
    Write('Kalite kabul seviyesi % : ') ;
    ReadLn(KKS) ;
Until (KKS=Dbl(0.065)) Or (KKS=Dbl(0.10)) Or (KKS=Dbl(0.15)) Or
    (KKS=Dbl(0.25)) Or (KKS=Dbl(0.40)) Or (KKS=Dbl(0.65)) Or

```

```

WriterLn('||'+Spc('=',13)+Spc('||=====',5)+||') ; Found(PRM) ;
Writer('|| Simulasyon ||'+StrReal(PRM.Alpha,10,8)+'||') ;
Writer(StrReal(PRM.Delta,10,8)+'||'+StrReal(PRM.Mu,10,8)+'||') ;

```

```

WriterLn(StrReal(PRM.Sigma,10,8)+' | '+StrReal(PRM.Beta,10,8)+' ||') ;

WriterLn('L'+Spc('=',13)+Spc('—————',5)+'J') ;
If PrnFlag=True then WriteLn(Lst,#12) ;
End ;

Procedure Tablo4( SName : String ) ;
Var i,j : Word ;
N,R,F : Word ;
P,S : Real ;
Part : Word ;
Page : Byte ;
Ch : Char ;
F2 : Boolean ;
DDTArray : Array[1..900] of DDTRec ;
Begin
Cls ; PressLn('Calculation...') ;
i:=1 ; j:=1 ; P:=Kusurlu ; Part:=90 ;
For j:=1 to 9 do
begin
DDTArray[i].dT:=dT[j] ; DDTArray[i].X:=dX[j] ;
KEKS(KKS,Trunc(DDTArray[i].X),N,R,F) ;
S:=(DT[j+1]-DT[j])/(1.0*Part) ;
DDTArray[i].Qxi:=PRM.Alpha*(DDTArray[i].X-N)*P*Binom(n,r,p)
*DDTArray[i].dT+PRM.Delta*(DDTArray[i].X-n*p)
*DDTArray[i].dT ;
DDTArray[i].Pxi:=PRM.Mu*DDTArray[i].dT+PRM.Sigma*DDTArray[i].X*(1-p)
*DDTArray[i].dT-PRM.Beta*(DDTArray[i].X-n)*p
*Binom(n,r,p)*DDTArray[i].dT ;
DDTArray[i].Rxi:=1-(DDTArray[i].Pxi+DDTArray[i].Qxi) ;
Repeat
Inc(i) ;
DDTArray[i].dT:=DDTArray[i-1].dT+S ;
DDTArray[i].X:=CalcX(DDTArray[i].dT,dT,dX,10) ;
KEKS(KKS,Trunc(DDTArray[i].X),N,R,F) ;
DDTArray[i].Qxi:=PRM.Alpha*(DDTArray[i].X-N)*P*Binom(n,r,p)
*DDTArray[i].dT+PRM.Delta*(DDTArray[i].X-n*p)
*DDTArray[i].dT ;
DDTArray[i].Pxi:=PRM.Mu*DDTArray[i].dT+PRM.Sigma*DDTArray[i].X
*(1-p)*DDTArray[i].dT-PRM.Beta*(DDTArray[i].X-n)*p
*Binom(n,r,p)*DDTArray[i].dT ;
DDTArray[i].Rxi:=1-(DDTArray[i].Pxi+DDTArray[i].Qxi) ;
Until (i mod Part)=0 ;
end ;
j:=10 ;
DDTArray[i].dT:=dT[j] ; DDTArray[i].X:=dX[j] ;
KEKS(KKS,Trunc(DDTArray[i].X),N,R,F) ;
DDTArray[i].Qxi:=PRM.Alpha*(DDTArray[i].X-N)*P*Binom(n,r,p)
*DDTArray[i].dT+PRM.Delta*(DDTArray[i].X-n*p)
*DDTArray[i].dT ;
DDTArray[i].Pxi:=PRM.Mu*DDTArray[i].dT+PRM.Sigma*DDTArray[i].X*(1-p)
*DDTArray[i].dT-PRM.Beta*(DDTArray[i].X-n)*p
*Binom(n,r,p)*DDTArray[i].dT ;
DDTArray[i].Rxi:=1-(DDTArray[i].Pxi+DDTArray[i].Qxi) ;
Part:=i ; j:=0 ; Page:=1 ; F2:=True ;

{ alpha.... beta da yazilacak 2 sayfa halinde basacak }

For i:=1 to Part do
begin
If (j=0) And F2 then
begin
Cls ; WriterLn('Kusurlu orani % '+StrReal(Kusurlu*100,0,5)) ;
WriterLn('Kalite KabulSeviyesi % '+StrReal(KKS,0,3)) ;
WriterLn(Spc(' ',50)+SName) ; F2:=False ;
WriterLn(''+Spc('=',10)+Spc('—————',4)+'') ;
WriterLn('
WriterLn(' / \t | x | q | p | r | ') ;
WriterLn('
WriterLn(''+Spc('=',10)+Spc('—————',4)+'') ;
End ;

If ((DDTArray[i].Rxi>=0) And (DDTArray[i].Rxi<=1)) And
((DDTArray[i].Qxi>=0) And (DDTArray[i].Qxi<=1)) And
((DDTArray[i].Pxi>=0) And (DDTArray[i].Pxi<=1)) then
begin
Inc(j) ; F2:=True ;
Writer(''+StrReal(DDTArray[i].dT,8,5)+' | ') ;
Writer(StrReal(DDTArray[i].X,9,3)+' | ') ;
Writer(StrReal(DDTArray[i].Qxi,9,5)+' | ') ;

```

```

    Writer(StrReal(DDTArray[i].Pxi,9,5)+' | ');
    WriterLn(StrReal(DDTArray[i].Rxi,9,5)+' || ');
end;

If j in [25] then
begin
    WriterLn('L'+Spc('=',10)+Spc('=====',4)+'J') ;
    PressLn('Press any key to continue Page :'+StrInt(Page,0)) ;
    Ch:=ReadKey ; Cls ;
    WriterLn('Kusurlu orani % '+StrReal(Kusurlu*100,0,5)) ;
    WriterLn('Kalite KabulSeviyesi % '+StrReal(KKS,0,3)) ;
    WriterLn(Spc(' ',50)+SName) ;
    WriterLn('L'+Spc('=',10)+Spc('=====',4)+'J') ;
    WriterLn('
    WriterLn('      /\t      x      q      p      r      ') ;
    WriterLn('
    WriterLn('L'+Spc('=',10)+Spc('=====',4)+'J') ;
end ;

If j=50 then
begin
    WriterLn('L'+Spc('=',10)+Spc('=====',4)+'J') ;
    If PrnFlag=True then WriteLn(Lst,#12) ;
    PressLn('Press any key to continue Page :'+StrInt(Page,0)) ;
    j:=0 ; Ch:=ReadKey ; Inc(Page) ;
end ;
end ;
If j<>0 then
begin
    WriterLn('L'+Spc('=',10)+Spc('=====',4)+'J') ;
    If PrnFlag=True then WriteLn(Lst,#12) ;
end ;
End ;

Function Itr( Dn,Up,YPos : Real ) : Real ;
Var a : Real ;
F : Boolean ;
Begin
    F:=False ;
    Repeat
        a:=CalcX((Up+Dn)/2,dT,dX,10) ;
        if Abs(a-Ypos)>1e-4 then
            begin
                If a>Ypos then Up:=(Up+Dn)/2 ;
                If a<Ypos then Dn:=(Up+Dn)/2 ;
            end
        else f:=True ;
    Until F ;
    Itr:=(Up+Dn)/2.0 ;
End ;

Function Max( V : Vector ; N : Byte ) : Real ;
Var R : Real ;
i : Byte ;
Begin
    R:=V[1] ; For i:=1 to N do if R<V[i] then R:=V[i] ; Max:=R ;
End ;

Function Min( V : Vector ; N : Byte ) : Real ;
Var R : Real ;
i : Byte ;
Begin
    R:=V[1] ; For i:=1 to N do if R>V[i] then R:=V[i] ; Min:=R ;
End ;

Procedure TampPQ( V : Word ; Var Sp,Sq : Real ) ;
Var i,np,nq,j : Byte ;
dtp,dtq : Real ;
P,Q1,P1,B : Real ;
N,R,F : Word ;
Begin
    P:=Kusurlu ; KEKS(KKS,V,N,R,F) ;
    Repeat
        sp:=0.0 ; sq:=0.0 ;
        For j:=1 to 10 do
            begin
                Repeat
                    Found(Prm) ; dtp:=0.0 ; dtq:=0.0 ; np:=0 ; nq:=0 ;
                    For i:=1 to 9 do
                        begin

```



```

    end : Dispose(A) ;
End ;

Procedure Tablo7 ;
Var V1,V2 : Word ;
Begin
    Repeat
        RestoreCrtMode ; ClrScr ; Write('Uretim miktari Baslagici : ') ;
        ReadLn(V1) ; If V1=0 then Exit ;
        If V1<Trunc(Min(dX,10)+0.9999) then V1:=Trunc(Min(dX,10)+0.9999) ;
        Write('Uretim miktari Sonu      : ') ;
        ReadLn(V2) ; If V2=0 then Exit ;
        If V2>Trunc(Max(dX,10)) then V2:=Trunc(Max(dX,10)) ;
        Repeat
            Write('Kusurlu orani [1-5] % : ') ; ReadLn(Kusurlu) ;
            Until (Kusurlu>=1.0) AND (Kusurlu<=5.0) ;
            Kusurlu:=Kusurlu/100.0 ;
        Repeat
            WriteLn('Kalite kabul Yuzdeleri 0.065,0.10,0.15,0.25,0.40,0.65',
                ',1.0,1.5,2.5,4.0,6.4') ;
            Write('Kalite kabul seviyesi % : ') ; ReadLn(KKS) ;
            Until (KKS=Db1(0.065)) Or (KKS=Db1(0.10)) Or (KKS=Db1(0.15)) Or
                (KKS=Db1(0.25)) Or (KKS=Db1(0.40)) Or (KKS=Db1(0.65)) Or
                (KKS=Db1(1.0)) Or (KKS=Db1(1.5)) Or (KKS=Db1(2.5)) Or
                (KKS=Db1(4.0)) Or (KKS=Db1(6.4)) ;
            OpenGraph(BGIPath) ;
            Cls ; TabloSCR7(V1,V2) ; Wait ;
        Until False ;
    End ;

Function Coeff( D : Byte ; V : Vector ; X,L,H : Real ) : Real ;
Begin
    If D=1 then Coeff:=(X-V[1])/V[2]
    else
        begin
            V[5]:=V[2]*V[2]-4*V[3]*(V[1]-X) ; { Negatif V[5] olmamali }
            V[6]:=(-V[2]+Sqrt(V[5]))/(2*V[3]) ; V[7]:=(-V[2]-Sqrt(V[5]))/(2*V[3]) ;
            If (V[6]<dbl(0.0)) then begin Coeff:=V[7] ; Exit ; end ;
            If (V[7]<dbl(0.0)) then begin Coeff:=V[6] ; Exit ; end ;
            If V[6]>V[7] then Coeff:=V[7] else Coeff:=V[6] ;
        end ;
    End ;

Procedure Tablo8 ;
Type
    DTX      = Array[1..40,1..7] of Real ;
    DTRec    = ^DTX ;
Var V1,V2 : Word ;
    Hx,Lx : Vector ;
    Ht,Lt : Vector ;
    Hv,Lv : Vector ;
    H      : Vector ;
    Ih,I1 : Byte ;
    Q      : Array[1..10,1..2] of Real ;
    i,j    : Word ;
    Th,T1 : Byte ;
    R1,R2 : Real ;
    A      : DTRec ;
    P,B    : Real ;
    N,R,F  : Word ;
    Ch     : Char ;
    OK     : Boolean ;
    Flgx   : Boolean ;
Begin
    RestoreCrtMode ; ClrScr ;
    For i:=1 to 10 do
        begin
            Q[i,1]:=Data[i-1].DeltaT ; Q[i,2]:=Data[i-1].X ;
        end ;
    For Ih:=1 to 9 do
        For I1:=Ih+1 to 10 do If Abs(Q[Ih,1])>Abs(Q[I1,1]) then
            begin
                SwapR(Q[Ih,1].Q[I1,1]) ; SwapR(Q[Ih,2].Q[I1,2]) ;
            end ;
        Ih:=0 ; I1:=0 ;
        For i:=1 to 10 do
            begin
                If Q[i,1]>Db1(0.0) then
                    begin Inc(Ih) ; Ht[Ih]:=Q[i,1] ; Hx[Ih]:=Q[i,2] ; end
                else

```

```

begin Inc(I1) ; Lt[I1]:=ABS(Q[i,1]) ; Lx[I1]:=Abs(Q[i,2]) ; end ;
If i=1 then if Ih>0 then
begin Inc(I1) ; Lt[I1]:=Q[i,1] ; Lx[I1]:=Q[i,2] ; end
else
begin Inc(Ih) ; Ht[Ih]:=Abs(Q[i,1]) ; Hx[Ih]:=Abs(Q[i,2]) ; end ;
If i=10 then if Ht[Ih]=Q[i,1] then
begin Inc(I1) ; Lt[I1]:=Q[i,1] ; Lx[I1]:=Q[i,2] ; end
else begin Inc(Ih) ; Ht[Ih]:=-Q[i,1] ; Hx[Ih]:=Abs(Q[i,2]) ; end ;
end ;
Repeat
ClrScr ; WriteLn('Artmalar') ; WriteLn('=====') ;
WriteLn(0:2,' => Cikis') ;
For i:=1 to Ih do WriteLn(i:2,' => ',Ht[i],', ',Hx[i]) ;
WriteLn ; Write('Ihmal edilenin numarasi : ') ; ReadLn(i) ;
If i in [2..Ih-1] then
begin
Dec(Ih) ;
for j:=i to Ih do
begin
Ht[j]:=Ht[j+1] ; Hx[j]:=Hx[j+1] ;
end ;
end ;
Until i=0 ;
Regression(Ih,1,Hx,Ht,Hv,R1) ; Regression(Ih,2,Hx,Ht,H,R2) ;
Th:=1 ; WriteLn(R1) ; WriteLn(R2) ;
If R1>R2 then
begin
Inc(Th) ; WriteLn('Standart Hata : ',R2) ;
WriteLn('X = a + b * dT + c * dT^2') ; WriteLn('Katsayilari') ;
For i:=0 to Th do
begin
Hv[i+1]:=H[i+1] ; WriteLn(Chr(97+i),' => ',Hv[i+1]) ;
end ;
end else
begin
Write('Standart Hata : ',R1) ;
WriteLn('X = a + b * dT') ; WriteLn('Katsayilari') ;
For i:=0 to Th do WriteLn(Chr(97+i),' => ',Hv[i+1]) ;
end ;
Repeat Until Keypressed ;
Repeat
ClrScr ; WriteLn('Azalanlar') ; WriteLn('=====') ;
WriteLn(0:2,' => Cikis') ;
For i:=1 to I1 do WriteLn(i:2,' => ',Lt[i],', ',Lx[i]) ;
WriteLn ; Write('Ihmal edilenin numarasi : ') ; ReadLn(i) ;
If i in [2..I1-1] then
begin
Dec(I1) ;
for j:=i to I1 do begin Lt[j]:=Lt[j+1] ; Lx[j]:=Lx[j+1] ; end ;
end ;
Until i=0 ;
Regression(I1,1,Lx,Lt,Lv,R1) ; Regression(Ih,2,Lx,Lt,H,R2) ;
Tl:=1 ; WriteLn(R1) ; WriteLn(R2) ;
If R1>R2 then
begin
Inc(Tl) ; WriteLn('Standart Hata : ',R2) ;
WriteLn('X = a + b * dT + c * dT^2') ; WriteLn('Katsayilari') ;
For i:=0 to Tl do
begin
Lv[i+1]:=H[i+1] ; WriteLn(Chr(97+i),' => ',Lv[i+1]) ;
end ;
end else
begin
WriteLn('Standart Hata : ',R1) ;
WriteLn('X = a + b * dT') ; WriteLn('Katsayilari') ;
For i:=0 to Tl do WriteLn(Chr(97+i),' => ',Lv[i+1]) ;
end ;
Repeat Until Keypressed ;
Repeat
RestoreCrtMode ; Write('Uretim miktarı Baslagici : ') ;
ReadLn(V1) ; If V1=0 then Exit ;
If V1<Trunc(Min(dX,10)+0.9999) then V1:=Trunc(Min(dX,10)+0.9999) ;
Write('Uretim miktarı Sonu : ') ;
ReadLn(V2) ; If V2=0 then Exit ;
If V2>Trunc(Max(dX,10)) then V2:=Trunc(Max(dX,10)) ;
V2:=V2-V1 ;
Repeat
Write('Kusurlu oranı [1-5] % : ') ; ReadLn(Kusurlu) ;
Until (Kusurlu>=1.0) AND (Kusurlu<=5.0) ;
Kusurlu:=Kusurlu/100.0 ;

```

```

Repeat
  WriteLn('Kalite kabul Yuzdeleri 0.065,0.10,0.15,0.25,0.40,0.65',
    ',1.0,1.5,2.5,4.0,6.4') ;
  Write('Kalite kabul seviyesi % : ' ) ; ReadLn(KKS) ;
  Until (KKS=Dbl(0.065)) Or (KKS=Dbl(0.10)) Or (KKS=Dbl(0.15)) Or
    (KKS=Dbl(0.25)) Or (KKS=Dbl(0.40)) Or (KKS=Dbl(0.65)) Or
    (KKS=Dbl(1.0)) Or (KKS=Dbl(1.5)) Or (KKS=Dbl(2.5)) Or
    (KKS=Dbl(4.0)) Or (KKS=Dbl(6.4)) ;
  P:=Kusurlu ; { Found(Prm) } ;
  New(A) ; SetGraphMode(GetGraphMode) ;

  For i:=0 to V2 do
  begin
    A^[i+1,1]:=Coeff(Tl,Lv,Vl+i,Lt[1],Lt[1l]) ;
    A^[i+1,2]:=Coeff(Th,Hv,Vl+i,Ht[1],Ht[1h]) ;
    KEKS(KKS,Vl+i,N,R,P) ; B:=Binom(n,r,p) ;
    A^[i+1,3]:=PRM.Alpha*(Vl+i-N)*P*B*A^[i+1,1]+
      PRM.Delta*(Vl+i-n*p)*A^[i+1,1] ;
    A^[i+1,4]:=PRM.Mu*A^[i+1,2]+PRM.Sigma*(Vl+i)*(1-p)*
      A^[i+1,2]-PRM.Beta*(Vl+i-n)*p*B*A^[i+1,2] ;
    If i=0 then A^[i+1,5]:=A^[i+1,3]/A^[i+1,4]
      else A^[i+1,5]:=A^[i,5]*A^[i+1,3]/A^[i+1,4] ;
  end ;
  A^[V2+2,6]:=0.0 ; Inc(V2) ;
  For i:=V2 downto 1 do A^[i,6]:=A^[i+1,6]+A^[i,5] ; Flgx:=True ;
  PrinterOpen('Tablo 8') ; N:=1 ; j:=0 ; Cls ; OK:=False ;
  For i:=1 to V2 do
  begin
    If (j=0) AND Flgx then
    begin
      WriterLn('Kusurlu oranı % '+StrReal(Kusurlu*100,0,5)) ;
      WriterLn('Kalite KabulSeviyesi % '+StrReal(KKS,0,3)) ;
      WriterLn('') ; Flgx:=False ;
      WriterLn('
      _____+
      | X | / \ | / \ | q | p | r |
      | r | U(x) |
      | _____+
      ') ;
    end ;

    If InSide(A^[i,3]) AND InSide(A^[i,4]) AND InSide(A^[i,3]+A^[i,4])
    then begin
      Writer(' '+StrInt(i+Vl-1,5)+' '+StrReal(A^[i,1],5,4)+' '+
        StrReal(A^[i,2],5,4)+' '+StrReal(A^[i,3],5,4)+' '+
        StrReal(A^[i,4],5,4)+' '+StrReal(1-A^[i,3]-A^[i,4],5,4)+' '+
        StrR(A^[i,5],11)+' ' ;
      If A^[i,6]=Dbl(0.0) then WriterLn(' Error ')
        else WriterLn(StrReal(A^[i,6]/A^[i,5],5,4)+' ' ) ;
      Inc(j) ; OK:=True ;
    end ;
    If j=50 then
    begin
      WriterLn('
      _____+
      | _____+
      ') ;
      If PrnFlag then WriteLn(Lst,#12) ; Flgx:=True ;
      PressLn('Press any key to continue Page :'+StrInt(N,0)) ;
      j:=0 ; Ch:=ReadKey ; Inc(N) ; Cls ;
    end ;
  end ;
  If j<>0 then
  begin
    WriterLn('
    _____+
    | _____+
    ') ;
    If PrnFlag then WriteLn(Lst,#12) ;
    PressLn('Press any key to continue Page :'+StrInt(N,0)) ; Wait ;
  end ;
  Dispose(A) ;
  If Not(OK) then
  begin
    WriterLn('
    _____+
    | _____+
    ') ;
    If PrnFlag then WriteLn(Lst,#12) ;
    PressLn('Not defined parameters') ; Wait ;
  end ;
  Until False ;
End ;

Begin
  OpenGraph('C:\TP\BGI\') ;

```

```

ReadingData ;
PrinterOpen('Tablo 2') ; If PrnFlag then Write(Lst,#18) ;
Tablo2 ; Wait ; Cls ;

Repeat
  PrinterOpen('Tablo 3') ; If PrnFlag then Write(Lst,#18) ;
  Tablo3 ; Wait ; Cls ;
  WriterLn('1. Tablo 3 Yeniden Hesaplama') ;
  WriterLn('2. Tablo 5 icin cikis alma islemi') ;

  WriterLn('') ; WriterLn('0. Çikis') ;
  Repeat Chx:=ReadKey ; Until Chx in ['0','1','2'] ;
  Case Chx of
    '2': begin
      Cls ; PrinterOpen('Tablo 5') ;
      Tablo4('Tablo 5') ;
    end ;
  end ;
Until Chx in ['0','2'] ;
Repeat
  Cls ; WriterLn('1. Tablo 7 icin cikis alma islemi') ;
  WriterLn('2. Tablo 8 icin cikis alma islemi') ;
  WriterLn('') ; WriterLn('0. Çikis') ;
  Repeat Chx:=ReadKey ; Until Chx in ['0','1','2'] ;
  Case Chx of
    '1': begin
      Tablo7 ; SetGraphMode(GetGraphMode) ;
    end ;
    '2': begin
      Tablo8 ; SetGraphMode(GetGraphMode) ;
    end ;
  end ;
  If Chx in ['1','2'] then Wait ;
Until Chx='0' ;
Repeat
  Cls ;
  WriterLn('1. Lagrange Osilasyon polinomuna gore grafik cizimi') ;
  WriterLn('2. Lagrange Osilasyon polinomuna gore grafik cizimi') ;
  WriterLn('3. Lagrange Osilasyon polinomuna gore grafik cizimi') ;
  WriterLn('4. Splines gore grafik cizimi') ;
  Writer('5. Print Screen') ; If PrnFlag2 then WriterLn(' [Açık]')
  else WriterLn(' [Kapalı]') ;
  WriterLn('') ; WriterLn('0. Çikis') ;
  Repeat Chx:=ReadKey ; Until Chx in ['0','1','2','3','4','5'] ;
  Case Chx of
    '1': begin
      GrOscLagrange(dT,dX) ;
      If PrnFlag2 then HardCopy(False,3) ;
      Wait ;
    end ;
    '2': begin
      GrOscLagrange2(dT,dX) ;
      If PrnFlag2 then HardCopy(False,3) ;
      Wait ;
    end ;
    '3': begin
      GrOscLagrange3(dT,dX) ;
      If PrnFlag2 then HardCopy(False,3) ;
      Wait ;
    end ;
    '4': begin
      GrSpLines(dT,dX) ;
      If PrnFlag2 then HardCopy(False,3) ;
      Wait ;
    end ;
    '5': PrnFlag2:=Not(PrnFlag2) ;
  end ;
Until Chx='0' ;
CloseGraph ;
End .

```

VERİLER (YURMIK.000)

1976
597575
806225
1314150
1524950
761725
1101425
2944781
2108676
1557480
1201775
1381267



ÖZGEÇMİŞ

Müşerref YÜKSEL, 1958 yılında Malatya'da doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini Malatya'da tamamladıktan sonra, 1976 da başladığı İ.Ü. Fen Fakültesi Matematik Bölümünden 1980'de mezun olmuştur. Aynı sene İ.Ü. İşletme Fakültesi "İşletmelerde İstatistik ve Kantitatif Analizler" dalında Yüksek Lisans eğitimine başlamış, "Türkiye'de 1962-1980 Yılları Arasında Buğday Verimindeki Gelişmeler ve Sebepleri" adlı teziyle 1982'de mezun olmuştur.

İki sene özel olarak lisan eğitimi yaptıktan sonra 1985'de, İ.Ü. Fen Fakültesi Matematik Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. Aynı sene İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı, Matematik Mühendisliği Programında Doktora eğitimi görmeye hak kazanmıştır. "Kalite Kontrolunda Parametre Analizi ve Markov Zincirlerinin Kalite Kontrolu Problemine Bir Uygulaması" adlı çalışmayı doktora tezi olarak hazırlamıştır.