ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYA FERMENTASYONUNDA GERÇEK ZAMANLI ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Gülnihal DENİZ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2006

Her hakkı saklıdır

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
SİMGELER DİZİNİ x

1. GİRİŞ 1

2. VERİ İLETİMİNE GENEL BAKIŞ 5
2.1. Formatlar ve Protokoller 9
2.2. Paralel Veri İletim 10
2.3. Seri veri iletimi 11
2.3.1. Senkron format 12
2.3.2. Asenkron format 13
2.4. Seri Veri İletiminin Paralel Veri İletimi İle Karşılaştırılması 16
2.5. Sistem Desteği 17
2.6. Veri Formatları 18
2.7. Veri kaybının engellenmesi 20
2.7.1. Elsıkışma 20
2.7.2. Tamponlar 21
2.7.3. Yoklama ve kesmeler 22
2.7.4. Onaylar 23
2.7.5. Hata kontrolü 23
2.8. Port Mimarisi 25
2.9. Uart 25
2.10.Gelişmeler 26
2.11. RS-232 Özellikleri 26
2.12. İki Cihazı RS-232 ile Bağlamak 28
2.13. Sinyaller 28
2.14. PC'deki Dokuz Sinyal 32
2.15. RS-232 Konnektörleri ve Kabloları 34
2.15.1. DB-25 Bacaklı Konnektörler 34
2.15.2. DB-9 Bacaklı Konnektörler 35
2.15.3. Alt A Konnektörler 36
2.15.4. Modüler Konnektörler 36
2.15.5. Kablolar 37
2.15.6. Tel Sayısı 37

3. MATLAB ile SERİ PORT TASARIMI 38
3.1. Matlab-Seri İletişim Basamakları 42

4.MATLAB ile İSTATİSTİKSEL ANALİZ 48
4.1. Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz 48
4.1.1. Temel Bileşenlerin Analizi ve Tanımlayıcı İstatistikler 50
4.1.2. Skor Grafikleri 55
4.1.3. Hotelling T2 56
4.2. İstatistiksel Proses Kontrol 58
4.2.1. xbar grafikleri 60
4.2.2. S grafikleri 61
4.2.3. EWMA grafikleri 62
4.3. Katkıya Dayalı Tanı 63

5. EKMEK MAYASI ÜRETİM DENEY SİSTEMİ 64
5.1. Ekmek Mayası 64
5.2. Laboratuar Ölçekli Deney Sistemi 66
5.3. Besi Ortamları ve Mikroorganizma Kültürünün Çoğaltılması 67
5.4. Sterilizasyon 69
5.4.1. Otoklav sterilizasyonu 69
5.4.2. Kimyasal sterilizasyon 69
5.5. On-Line Cihazlar Ve Bilgisayar Bağlantıları 70
5.5.1. Consort P-902 Djital ph Metre 71
5.5.2. Consort C-932 çözünmüş oksijen ölçer 74
5.5.3. Masterflex peristaltik pompa 76
5.5.4. Aalborg hava akış hızı ölçer 79
5.5.5. Consort C-932 dijital termometre 81
5.6. Kesikli fermentasyon deneyleri 83

6. GERÇEK ZAMANLI ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZ YAZILIMI ... 84
6.1. RT-SPAC Programı Kullanıcı Etkileşimli Arayüz Hazırlanması 87
6.2. Veri İletişim Yollarının Kurulması ve Cihaz Konfigürasyonları 88
6.3. On-Line Verilerin Toplanması 97
6.4. RT-SPAC Programı ile İstatistiksel Analiz 98

7. İNCELENEN MAYA ÜRETİMLERİ 101
7.1.Kesikli Maya Üretimi 1.Veri seti 102
7.2.Kesikli Maya Üretimi 2.Veri seti 111
7.3.Kesikli Maya Üretimi 3.Veri seti 117
7.4.Kesikli Maya Üretimi 4.Veri seti 124
7.5.Kesikli Maya Üretimi 5.Veri seti 130
7.6.Kesikli Maya Üretimi 6.Veri seti 137

7.7.Kesikli Maya Üretimi 7.Veri seti 143

8. DEĞERLENDİRME..... 149

KAYNAKLAR..... 155

EKLER..... 157
EK 1. RS-232'deki 25 Bacağın İsimleri Ve Fonksiyonları..... 158
EK 2. F Dağılımı Tablosu (0.05 önemlilik derecesi)..... 159
EK 3. F Dağılımı Tablosu (0.01 önemlilik derecesi)..... 160
EK 4. RT-SPAC yazılımına ait arayüzün program kodları..... 161
EK 5. Cihaz pencerelerine ait aktifleştirme kodları.....
EK 6. Consort P-902 pH penceresi entegre kodları.....
EK 7. Consort C-932 çözünmüş oksijen penceresi entegre kodları.....
EK 8. Masterflex Peristaltik Pompa penceresi entegre kodları.....
EK 9. Consort C-932 dijital termometre penceresi entegre kodları.....
EK 10. Aalborg Flowmeter penceresi entegre kodları.....
EK 11. RT-SPAC Real Time program kodları.....
EK 12. SPAC İstatistiksel analiz programı entegre kodları.....
EK 13. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 1. Veri Seti.....
EK 14. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 2. Veri Seti.....
EK 15. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 3. Veri Seti.....
EK 16. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 4. Veri Seti.....
EK 17. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 5. Veri Seti.....
EK 18. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 6. Veri Seti.....
EK 19. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 7. Veri Seti.....

ÖZGEÇMİŞ.....

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MAYA FERMENTASYONUNDA GERÇEK ZAMANLI ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Gülnihal Deniz
Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Rıdvan BERBER

Müşteri beklentilerinin sürekli arttığı ve teknolojinin süratle ilerlediği bir dönemde, biyoteknolojik proseslerde, hızlı ve kaliteli üretime verilen önem de gittikçe artmaktadır. Biyoprosesler ve bunlar arasında endüstriyel önemi büyük olan ekmek mayası üretiminde önemli bir sorun, çok sayıdaki proses değişkeni arasındaki ilişkilerin karmaşıklığıdır. Böyle durumlarda, üretim kalitesinde oluşabilecek farklılığın en aza indirilmesi, bu değişkenlerin çevrim içi (on-line) bilgisayarlarda gerçek zamanlı (real-time) olarak izlenebilmesi ve bilimsel olarak yorumlanmasıyla sağlanabilir.

Bu çalışma, 3 litre soğutma ceketli cam bir biyoreaktörden, gerçek zamanlı olarak veri toplanmasını içermektedir. Reaktöre beslenen hava akış hızı ve anlık reaksiyon koşulları, on-line sensörler aracılığıyla reaktörden alınan sıcaklık, pH ve çözünmüş oksijen derişimleri ile izlenmektedir. İzlenen bu değişkenler, $MATLAB_{7.0}$ ortamında geliştirilen RT-SPAC *(Real Time Statistical Process Analysis & Control)* programı tarafından kaydedilmektedir. Program, Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz tekniklerini temel alarak, hat üstünde (on-line) izlenebilen değişkenleri değerlendirmekte ve değişkenler arasındaki karmaşık ilişkilerin boyutunun indirgenmesini sağlamaktadır. Böylece, Temel Bileşenler Analizi (TBA) vasıtasıyla, üretimler sırasında oluşabilecek hataların kullanıcılar yada işletme operatörleri için anlamlı hale getirilebilmesi hedeflenmektedir. RT-SPAC programı, kullanıcı etkileşimli arayüzünün sunduğu birçok grafik ve pencere ile, maya üretimlerinin kolaylıkla takip edilebilmesini sağlamaktadır.

RT-SPAC programı kontrolünde altı farklı maya üretimi gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilk dördü, alışılmış ekmek mayası üretimlerinin önceden belirlenmiş ortam koşulları altında takibiyle gerçekleştirilmiştir. Fermantasyon süresince tüm proses ölçümleri RT-SPAC programı üzerine kaydedilmiştir. Diğer iki maya üretimi, üretimler sırasında bilinçli olarak yapılan hatalarla (sıcaklık, pH) tamamlanmıştır. Bu hataların belirlenebilmesi amacıyla, çok değişkenli istatistiksel tekniklerle, veriler hat üstünde (on-line) analizlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, programın, hatanın ne zaman ve neden kaynaklandığını tespit edebildiğini göstermektedir. Üretimler sırasında saptanan hatalı gözlemlerin katkı grafikleri ile de, hangi değişken /değişkenlerin bu durum üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Tüm bu sonuçlar, RT-SPAC programının, gerçek zamanlı maya üretim takibi sırasında, kullanıcının karşılaşabileceği tüm aşamaları, yönlendirici pencereler ile gerçekleştirebilen ve izlenen üretimleri istatistiksel grafiklerle anlamlı hale getirebilen, endüstriyel ortama da rahatlıkla uygulanabilecek, gerçek zamanlı bir takip programı olduğunu göstermektedir.

2006, 208 sayfa
Anahtar kelimeler: Gerçek Zamanlı Hesaplama, Kesikli Fermantasyon, Temel Bileşenler Analizi, İstatistiksel Proses Kontrol, Proses İzleme, Hata Teşhisi.

ABSTRACT

Masters Thesis

REAL-TIME MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS
IN YEAST FERMENTATION
Gülnihal DENİZ
Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemical Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Rıdvan BERBER

In a period when technology improves very quickly and customer expectations change frequently, the importance of rapid and high-quality production in biotechnological processes increases. However, significant problems arise in bioprocesses and especially in bakers yeast fermentation due to the complexity of relations among process variables. In such cases, following the process variables real-time through on line computers and evaluating them scientifically can decrease differences in production quality to the minimum.

This study includes real-time data acquisition in a batch bakers yeast fermentor of three liters with cooling jacket. The air flow rate fed to the reactor, and instantaneous reaction conditions were monitored by taking the measurements of temperature, pH and dissolved oxygen concentration through the on-line sensors. The measurements were recorded through a specifically designed real-time computing program coded in $MATLAB_{7.0}$ and named RT-SPAC (*Real-Time Statistical Process Analysis & Control*). The program stems from multivariate statistical techniques. The program evaluates on-line measured data and decreases the dimensionality of the inherently complex relationships between the variables. This allows the user or the operator to drive, through Principal Component Analysis (PCA), meaningful conclusions such as the faults which may have occurred during the operation. The RT-SPAC program is user-active with many graphical displays and menus providing the user to follow the operation with great ease.

Under control of RT-SPAC program, six different fermentation operations were carried out. In the first four of them, ordinary bakers yeast fermentation process was followed under previously defined conditions. During the fermentation all process measurements were recorded through the RT-SPAC software. The remaining two were implemented such that some deliberate faults (temperature, pH) were introduced during the operation. Then the data was analyzed on-line by the multivariate statistical techniques to identify these faults. The results indicated that the software was capable of capturing what went wrong and when, i.e. the process faults. The gathered data was then interpreted later by contribution plots to determine which of the process variables might have contributed to the discrepancies occurred. These results indicate that RT-SPAC program is useful a real-time monitoring program that can be applied to industrial environment to facilitate fault diagnosis through multivariate statistical analysis with guide windows and graphics.

2006, 208 pages
Key Words : Real-Time Computing, Batch Fermentation, Principal Component Analysis (PCA), Statistical Process Control, Process Monitoring, Fault Diagnosis

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim süresince yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen, değerli bilgi ve yardımlarıyla katkıda bulunan, tecrübesiyle çalışmalarıma yön veren Mühendislik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Rıdvan BERBER'e, en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin gerçekleşmesinde büyük özveri ve sabır gösteren sevgili annem Nergiz DENİZ ve babam Müslüm DENİZ'e, yaşamıma renk katan sevgili yeğenlerim Meriç OĞUZ ve Elif ESKİOĞLU'na ve desteklerini yaşamım boyunca hissettiğim, ablalarım Birgül DENİZ, Nurgül ESKİOĞLU ve Oya DENİZ'e en içten minnet ve şükran duygularımla sonsuz teşekkür ederim.

Bilgi ve tecrübelerinden her fırsatta yararlanmama olanak sağlayan Mehmet YÜCEER (Araş.Gör., A.Ü), Semra KOZOĞLU (Kim. Müh, G.Ü.) ve İlknur ATASOY'a (Araş.Gör., A.Ü) teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Gülnihal DENİZ
Ankara, Mart 2006

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SİMGELER DİZİNİ vii
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
ÇİZELGELER DİZİNİ xiii
1. GİRİŞ 1
2. VERİ İLETİMİNE GENEL BAKIŞ 5
2.1 Formatlar ve Protokoller 9
2.2 Paralel Veri İletim 10
2.3 Seri veri iletimi 11
2.3.1 Senkron format 12
2.3.2 Asenkron format 13
2.4 Seri Veri İletiminin Paralel Veri İletimi İle Karşılaştırılması 16
2.5 Sistem Desteği 17
2.6 Veri Formatları 18
2.7 Veri Kaybının Engellenmesi 20
2.7.1 Elsıkışma 20
2.7.2 Tamponlar 21
2.7.3 Yoklama ve kesmeler 22
2.7.4 Onaylar 23
2.7.5 Hata kontrolü 23
2.8 Port Mimarisi 25
2.9 Uart 25
2.10 Gelişmeler 26
2.11 RS-232 Özellikleri 26
2.12 İki Cihazı RS-232 ile Bağlamak 28
2.13 Sinyaller 28
2.14 PC'deki Dokuz Sinyal 32
2.15 RS-232 Konnektörleri ve Kabloları 34
2.15.1 DB-25 Bacaklı Konnektörler 34
2.15.2 DB-9 Bacaklı Konnektörler 35
2.15.3 Alt A Konnektörler 36
2.15.4 Modüler Konnektörler 36
2.15.5 Kablolar 37
2.15.6 Tel sayısı 37

3. MATLAB ile SERİ PORT TASARIMI 38
3.1 Matlab ile Seri İletişim Basamakları 42
4. MATLAB ile İSTATİSTİKSEL ANALİZ 48
4.1 Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz 48
4.1.1 Temel Bileşenler Analizi ve tanımlayıcı istatistikler 50
4.1.2 Skor grafikleri 55
4.1.3 Hotelling T^2 56
4.2 İstatistiksel Proses Kontrol 58
4.2.1 Xbar grafikleri 60
4.2.2 S grafikleri 61
4.2.3 EWMA grafikleri 62
4.3 Katkıya Dayalı Tanı 63
5. EKMEK MAYASI ÜRETİM DENEY SİSTEMİ 64
5.1 Ekmek Mayası 64
5.2 Laboratuar Ölçekli Deney Sistemi 66
5.3 Besi Ortamları ve Mikroorganizma Kültürünün Çoğaltılması 68
5.4 Sterilizasyon 69
5.4.1 Otoklav sterilizasyonu 69
5.4.2 Kimyasal sterilizasyon 70
5.5 On-Line Cihazlar Ve Bilgisayar Bağlantıları 70
5.5.1 Consort P-902 djital ph metre 71
5.5.2 Consort C-932 çözünmüş oksijen ölçer 74
5.5.3 Masterflex peristaltik pompa 76
5.5.4 Aalborg hava akış hızı ölçer 79
5.5.5 Consort C-932 dijital termometre 81
5.6 Kesikli fermentasyon deneyleri 83
6. GERÇEK ZAMANLI ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZ YAZILIMI 84
6.1 RT-SPAC Programı Kullanıcı Etkileşimli Arayüz Hazırlanması 87
6.2 Veri İletişim Yollarının Kurulması ve Cihaz Konfigürasyonları 88
6.3 On-Line Verilerin Toplanması 97
6.4 RT-SPAC Programı ile İstatistiksel Analiz 98
7. İNCELENEN MAYA ÜRETİMLERİ 101
7.1 Kesikli Maya Üretimi 1. Veri seti 102
7.2 Kesikli Maya Üretimi 2. Veri seti 110
7.3 Kesikli Maya Üretimi 3. Veri seti 116
7.4 Kesikli Maya Üretimi 4. Veri seti 121
7.5 Kesikli Maya Üretimi 5. Veri seti 127

7.6 Kesikli Maya Üretimi 6. Veri seti 133
8. DEĞERLENDİRME 140
KAYNAKLAR 146
EKLER 148
EK 1 RS-232'deki25 Bacağın İsimleri Ve Fonksiyonları 149
EK 2 F Dağılımı Tablosu (005 Önemlilik Derecesi) 150
EK 3 F Dağılımı Tablosu (001 Önemlilik Derecesi) 151
EK 4 RT-SPAC Yazılımına Ait Arayüzün Program Kodları 152
EK 5 RS-232 Arayüzü -Cihaz Pencerelerine Ait Aktifleştirme Kodları 154
EK 6 Consort P-902 Ph Penceresi Entegre Kodları 156
EK 7 Consort C-932 Çözünmüş Oksijen Penceresi Entegre Kodları 159
EK 8 Masterflex Peristaltik Pompa Penceresi Entegre Kodları 162
EK 9 Consort C-932 Dijital Termometre Penceresi Entegre Kodları 165
EK 10 Aalborg Flowmeter Penceresi Entegre Kodları 168
EK 11 RT-SPAC Real Time Program Kodları 171
EK 12 SPAC İstatistiksel Analiz Programı Entegre Kodları 182
EK 13 Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 1. Veri Seti 184
EK 14 Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 2. Veri Seti 188
EK 15 Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 3. Veri Seti 192
EK 16 Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 4. Veri Seti 196
EK 17 Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 5. Veri Seti 200
EK 18 Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 6. Veri Seti 204
ÖZGEÇMİŞ 208

SİMGELER DİZİNİ

ANSI	American National Standarts Institute
API	Applications Programmer's Interface
ASCII	American Standart Cod for Information Exchange
BIT	Binary Digit
CPS	Character Per Second
CRC	Cylic redundancy code
CTS	Clear to Send
DBCS	Double-byte character set
DCD	Data Carrier Detect
DCE	Data Circuit -Terminating Equipment
DTE	Data Terminal Equipment
DTR	Data Terminal Ready
DSR	Data Set Ready
EIA	Electronic Industries Assosiation
GND	Signal Ground
GPIB	General Purpose Interface Bus
IrDA	Infrared Data Association
MATLAB	MATrix LABoratory
MIDI	Musical Instrument Digital ınterface
MSB	Most significant bit
PCA	Principal Component Analysis
PIA	Paralel İletişim Arabirimi
RI	Ring Indicator
RS	Recommended Standard
RT-SPAC	Real-Time Statistical Process Analysis & Control
RTS	Request to Send
RJ	Register jack

RxD	Receive Data
SİA	Seri İletişim Arabirimi
TBA	Temel Bileşenler Analizi
TIA	The Telecommunications Industry Association
TxD	Transmit Data
UART	Universal Asynchorous Receiver/Transmitter
USB	Universal Serial Bus

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Paralel veri iletimi..... 10

Şekil 2.2 Senkron iletim..... 12

Şekil 2.3 Ard arda gelen 8 bitlik iki adet veri katarı..... 14

Şekil 2.4 Asenkron iletişim şeması..... 15

Şekil 2.5 DB-25 konnektörler; sırayla 25 bacaklı erkek ve 25 bacaklı dişi..... 34

Şekil 2.6 DB-9 konnektörler; sırayla 9 bacaklı erkek ve 9 bacaklı dişi..... 35

Şekil 3.1 Matlab seri port iletişim diyagramı 42

Şekil 3.2 Çıkış sinyalleri akış şeması..... 46

Şekil 3.3 Giriş sinyalleri akış şeması..... 46

Şekil 4.1 Değişkenlerin genel dağılım grafiği..... 49

Şekil 4.2 Veri-1 kesikli maya üretimine ait skor grafiği..... 56

Şekil 4.3 Veri-1 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği..... 57

Şekil 4.4 İPK grafikleri genel gösterimi..... 60

Şekil 4.5 Veri-1 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği..... 61

Şekil 4.6 Veri-1 kesikli maya üretimine ait S grafiği..... 62

Şekil 4.7 Veri-1 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği..... 63

Şekil 4.8 Veri-1 kesikli maya üretimine ait katkı grafikleri..... 63

Şekil 5.1 Ekmek mayası hücreleri..... 64

Şekil 5.2 Biyoreaktör..... 67

Şekil 5.3 Fermantasyon sürecinde izlenen değişkenler..... 70

Şekil 5.4 Consort P-902 dijital pH metre. 72

Şekil 5.5 Consort C-932 çözünmüş oksijen ölçer..... 75

Şekil 5.6 Masterflex peristaltik pompa..... 77

Şekil 5.7 Aalborg flowmeter..... 79

Şekil 5.8 Aalborg I/O RS-232 konvertör..... 80

Şekil 5.9 Consort C-932 dijital termometre..... 82

Şekil 6.1	Gerçek Zamanlı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Yazılımı Arayüz gösterimi (RT-SPAC programı)	86
Şekil 6.2	RT-SPAC arayüzünde cihazlara ait yönlendirme butonları.....	87
Şekil 6.3	RT-SPAC arayüzü-Consort P-902 pH ölçer penceresi.....	88
Şekil 6.4	Consort P- 902 cihazına ait parametre belirleme penceresi.....	89
Şekil 6.5	Consort P- 902 cihazına ait komut penceresi.....	90
Şekil 6.6	RT-SPAC arayüzü-Consort C-932 çözünmüş oksijen penceresi.....	91
Şekil 6.7	Consort C-932 oksijen ölçer cihazına ait parametre belirleme penceresi.....	91
Şekil 6.8	Consort C-932 oksijen ölçer cihazı komut penceresi.....	92
Şekil 6.9	RT-SPAC arayüzü-Masterflex Peristaltik Pompa penceresi.....	92
Şekil 6.10	Masterflex Peristaltik Pompa cihazına ait parametre belirleme penceresi.....	93
Şekil 6.11	Masterflex Peristaltik Pompa cihazına ait komut penceresi.....	94
Şekil 6.12	RT-SPAC arayüzü-Consort C-932 dijital termometre penceresi.....	94
Şekil 6.13	Consort C-932 dijital termometre cihazına ait parametre belirleme penceresi.....	95
Şekil 6.14	Consort C-932 dijital termometre cihazına ait komut penceresi.....	95
Şekil 6.15	RT-SPAC arayüzü-Aalborg flowmeter penceresi.....	96
Şekil 6.16	Aalborg Flowmeter cihazına ait cihazına ait parametre belirleme penceresi.....	96
Şekil 6.17	Aalborg Flowmeter cihazına ait komut penceresi.....	97
Şekil 6.18	RT-SPAC arayüzünde değişkenlere ait veri toplama pencereleri.....	98
Şekil 7.1	RT-SPAC ile Veri-1 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi.....	103
Şekil 7.2	Veri-1 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği.....	104
Şekil 7.3	Veri-1 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği.....	105
Şekil 7.4	Veri-1 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği.....	106
Şekil 7.5	Veri-1 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği.....	106
Şekil 7.6	Veri-1 kesikli maya üretimine ait S grafiği.....	107
Şekil 7.7	Veri-1 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği.....	108

Şekil 7.8 Veri-1kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafikleri 110
Şekil 7.9 RT-SPAC ile Veri-2 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi..... 111
Şekil 7.10 Veri-2 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği..... 112
Şekil 7.11 Veri-2 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği..... 112
Şekil 7.12 Veri-2 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği..... 113
Şekil 7.13 Veri-2 kesikli maya üretimine ait Xbar ve S grafikleri..... 113
Şekil 7.14 Veri-2 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği..... 114
Şekil 7.15 Veri-2kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafikleri 115
Şekil 7.16 RT-SPAC ile Veri-3 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi..... 116
Şekil 7.17 Veri-3 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği..... 117
Şekil 7.18 Veri-3 kesikli maya üretimine ait skor grafiği..... 117
Şekil 7.19 Veri-3 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği..... 118
Şekil 7.20 Veri-3 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği..... 118
Şekil 7.21 Veri-3 kesikli maya üretimine ait S grafiği..... 119
Şekil 7.22 Veri-3 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği..... 119
Şekil 7.23 Veri-3kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafikleri 121
Şekil 7.24 RT-SPAC ile Veri-4 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi..... 122
Şekil 7.25 Veri-4 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği..... 123
Şekil 7.26 Veri-4 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği..... 123
Şekil 7.27 Veri-4 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 ve S grafikleri..... 124
Şekil 7.28 Veri-4 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği..... 125
Şekil 7.29 Veri-4 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği..... 125
Şekil 7.30 Veri-4kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafikleri 127
Şekil 7.31 RT-SPAC ile Veri-5 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi..... 128
Şekil 7.32 Veri-5 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği..... 129
Şekil 7.33 Veri-5 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği..... 129

Şekil 7.34 Veri-5 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği..... 130
Şekil 7.35 Veri-5 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği..... 130
Şekil 7.36 Veri-5 kesikli maya üretimine ait S grafiği..... 131
Şekil 7.37 Veri-5 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği..... 131
Şekil 7.38 Veri-5kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafikleri 133
Şekil 7.39 RT-SPAC ile Veri-6 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi..... 134
Şekil 7.40 Veri-6 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği..... 135
Şekil 7.41 Veri-6 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği..... 135
Şekil 7.42 Veri-6 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği..... 136
Şekil 7.43 Veri-6 kesikli maya üretimine Xbar ve S grafikleri..... 137
Şekil 7.44 Veri-6 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği..... 137
Şekil 7.45 Veri-6kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafikleri 139

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Veri iletiminde kullanılan arabirimlerin karşılaştırılması.....	7
Çizelge 2.2	Sıklıkla kullanılan bilgi birimleri.....	9
Çizelge 2.3	Çift ve tek parite karşılaştırılması.....	14
Çizelge 2.4	Seri ve Paralel veri iletiminin karşılaştırılması.....	17
Çizelge 2.5	Veri formatlarının kıyaslanması.....	19
Çizelge 2.6	RS-232 hatları.....	29
Çizelge 2.7	RS-232 hatlarında karşılıklı gelen sinyaller.....	30
Çizelge 2.8	İki yollu RS-232 iletişiminde zorunlu olarak kullanılan üç sinyal...	32
Çizelge 2.9	EI/TIA-561 standardı için tavsiye edilen bacak çıkışları.....	36
Çizelge 3.1	Instrument Control Toolbox'ın seri fonksiyonları ve özellikleri.....	39
Çizelge 3.2	Cihaz-PC arasındaki seri iletişim parametrelerinin ayarlanması.....	44
Çizelge 4.1	X-veri matrisi.....	51
Çizelge 4.2	Temel bileşenler.....	55
Çizelge 4.3	Birim matris.....	55
Çizelge 5.1	Saccharomyces Cerevisiae mayası besi ortamı bileşimi.....	69
Çizelge 5.2	Consort P- 902 pH ölçer seri iletişim parametreleri.....	73
Çizelge 5.3	Consort P 902 pH ölçer bilgisayar komutları.....	73
Çizelge 5.4	CONSORT C-932 çözünmüş oksijen seri iletişim parametreleri.....	75
Çizelge 5.5	CONSORT C-932 çözünmüş oksijen ölçer bilgisayar komutları.....	76
Çizelge 5.6	Masterflex peristaltik pompa seri iletişim parametreleri.....	77
Çizelge 5.7	Masterflex peristaltik pompa bilgisayar komutları.....	78
Çizelge 5.8	Aalborg flowmeter seri iletişim parametreleri.....	80
Çizelge 5.9	Aalborg Flowmeter bilgisayar komutları.....	81
Çizelge 5.10	CONSORT C-932 dijital termometre seri iletişim parametreleri....	82
Çizelge 5.11	CONSORT C-932 dijital termometre bilgisayar komutları.....	83
Çizelge 7.1	Veri-1 (97x4) seti aykırı gözlemleri.....	109

Çizelge 7.2 Veri-2 (97x4) seti aykırı gözlemleri..... 115
Çizelge 7.3 Veri-3 (97x4) seti aykırı gözlemleri..... 120
Çizelge 7.4 Veri-4 (97x4) seti aykırı gözlemleri..... 126
Çizelge 7.5 Veri-5 (97x4) seti aykırı gözlemleri..... 132
Çizelge 7.6 Veri-6 (97x4) seti aykırı gözlemleri..... 138

1. GİRİŞ

Büyük bir hızla gelişen teknolojinin yarattığı rekabet ve hızlı değişen tüketici beklentileri dikkate alınırsa, biyolojik proseslerde ileriye yönelik öngörmenin önemi anlaşılacaktır. Biyoprosesler ve bunlar arasından endüstriyel önemi belki de en büyük olan ekmek mayası üretimi, alışılmış kimyasal proseslere göre çok daha zordur. Maya metabolizması karmaşık bir biçimde ortamdaki bileşenlere bağlı olması nedeniyle, oluşabilecek değişimler tam olarak öngörülemez ve bu tür proseslerdeki en büyük sorun, birbiriyle ilişkili çok sayıda değişkenle çalışmaktır. Proses değişkenlerinin çok sayıda olması, bu değişkenlerin çevrim içi (on-line) bilgisayarlarla anlık ve sürekli olarak takip edilmesini zorunlu kılar. Üretim kalitesinde oluşan farklılığın en aza indirilmesi, sistem değişkenlerinin gerçek zamanlı olarak takibinin yanında, sistemde oluşan bozan etkinin tanımlanması, denetlenmesi ve üretim sırasında oluşabilecek değişimlerin anlık olarak tespit edilebilmesiyle sağlanabilecektir.

Bu çalışma, 3 litre soğutma ceketli cam bir biyoreaktörde gerçekleşen maya üretimlerinin, gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi ve üretimler sırasında doğabilecek hataların hızlı teşhisi çalışmalarını içermektedir. Gerçekleştirilen ilk aşama, veri toplama sistemlerinin yani değişkenlerin değerlerini ölçen sensörlerin bilgisayar tarafından tanınabilmesi ve bilgisayar aracılığıyla kontrol edilebilmesidir. Sensörlerin, bilgisayar ve proses arasındaki veri iletimini gerçekleştirebilmesi, veri iletimi ve kullanılan cihazlar hakkında detaylı bilgi edinilmesini gerekmektedir. Tez içerisinde yer verilen bu bilgiler ışığında, sistem bağlantılarının hazırlanması ve veri iletimi için hazır hale getirilmesi sağlanmıştır. Ekmek mayası üretim reaktörü ile bilgisayar arasındaki iletimi sağlayacak olan bu sensörlerin, veri iletiminde kullanabileceği RS-232 seri iletişim bağlantıları, bir seri yol çoğaltıcı ile tek bir bilgisayarda toplanabilmiş ve sinyaller gerçek zamanlı ve anlık olarak kaydedilebilmiştir.

İstatistik bilimi, son yıllarda büyük bir hızla tüm bilim dallarında olduğu gibi Kimya ve Kimya Mühendisliği'ndeki araştırmalarda da kullanılır hale gelmiştir. Bu disiplin "Kemometri" olarak adlandırılmaktadır. (*Kemometri: İstatistiksel, matematiksel ve bilgisayar yöntemlerin kimyasal verilere uygulanmasıdır*). Kimyasal prosesler, ister kesikli/yarı kesikli, isterse sürekli olsun, işletmelerin ana hedefi üretimin yüksek kalitede olması ve bu durumun devamlılığının sağlanmasıdır. Üretim kalitesinde oluşan farklılığın en aza indirilmesi amacıyla, çok değişkenli analiz yöntemlerinden Temel Bileşenler Analizi (TBA) ve İstatistiksel Proses Kontrol yöntemleri (İPK) işletmelerde etkin olarak kullanılarak, hata tahminleri ve proses izleme çalışmaları yapılmaktadır. Tez içerisinde TBA ve İPK istatistiksel analiz yöntemleri hakkında bilgiler sunulmuş ve maya üretiminden sağlanacak birbiriyle ilişkili çok sayıda verinin, sistematik yöntemlerle değerlendirme ve analizini yapmak üzere, $MATLAB_{7.0}$ ortamında yöntemlerin program algoritmaları hazırlanmıştır. Hazırlanan istatistiksel algoritmalar yardımıyla, üretim sırasında kontrol dışı gözlemler görsel olarak belirlenebilecek ve sistemde oluşabilecek sapmalar kısa sürede tespit edilerek, biyoreaktörün izlenebilmesi sağlanacaktır.

Maya metabolizması karmaşık bir biçimde ortamdaki bileşenlere bağlı olması nedeniyle ilgili değişkenlerin tümünü aynı anda inceleme altına almak gerekir. Bu değişkenlerin algılayıcılar aracılığıyla çevrim içi (on-line) bilgisayarlarda anlık ve sürekli olarak takip edilmesi için gerçek zamanlı yazılım programları geliştirilmelidir. Ancak proseslerin çeşitliliği göz önüne alındığında, standart bir yazılım bulunamayacağından her proses kendine has bir yazılım programına ihtiyaç duyacaktır.

Bilgisayarların yaygınlaşması ile birlikte otomasyon programları ve bunların oluşturulduğu programlama dilleri de önem kazanmaya başlamıştır. Ancak her dil bu alanda sunduğu artılarının yanında eksilerini de beraberinde getirmektedir. Öyle ki piyasada bulunan güçlü programlama dillerinin çoğu, gerçek zamanlı iletişimde kullanıcıya sunduğu nesnel tabanlı, kolay hazırlanabilir bir görsellik ve iletişim hızıyla dikkat çekerken, yine kullanıcıya sunamadığı sınırlı programlama temeli ile tezat oluşturmaktadır. Güçlü mühendislik hesaplamalarına ve matematiksel tabana sahip programlar ise hızdan ve görsellikten vazgeçerek kullanıcıya farklı alternatifler

sunabilmektedir. Tüm bu artı ve eksi alternatifler göz önüne alındığında, bu alanda kullanılan en yaygın programlar içerisinde, gerçek bir otomasyon sisteminin ihtiyacı olan hız, hesaplamalar ve görsellik için $Matlab_{7.0}$ programı kullanılarak RT-SPAC (*Real-Time Statistical Process Analysis & Control*) yazılımı hazırlanmıştır. Program, etkin istatistiksel algoritmaların da yazılıma entegre edilmesiyle, sistem değişkenlerinin sürekli takibi için gerçek zamanlı iletişimin gerektirdiği tüm algoritmaları da kullanıcı etkileşimli bir arayüzde harmanlamış ve üretim sırasında kulanıcının kolaylıkla prosesi takip edebileceği şekilde tasarlanmıştır.

MATLAB ortamında geliştirilen RT-SPAC yazılımını test etmek için, 3 litre soğutma ceketli cam bir biyoreaktörde ve laboratuar ortamında gerçekleştirilen 6 adet kesikli maya üretiminden temin edilen veri setleri kullanılmıştır. Maya üretimleri sırasında izlenebilen değişkenler, biyoreaktördeki ortam sıcaklığı, havanın reaktör sistemine beslenme hızı ve üretim boyunca ortamdaki çözünmüş oksijen ve pH değişimleridir. RT-SPAC programı, her üretimin başlangıç anından itibaren anlık olarak toplanan yada yazılım üzerinden off-line olarak çağrılabilen hazır veri demetlerinin istatistiksel analizini, kullandığı istatistiksel algoritmalarla gerçekleştirebilmektedir. Bu analiz kapsamında arayüz üzerinde çizdirilebilen grafikler sırayla, ortamdaki tüm değişkenlere ait genel dağılım grafiği, veri demetinin temel bileşenlerine ait skor grafiği, Hotelling T^2 istatistiksel analiz grafiği, bir prosesten düzenli aralıklarla alınan basitleştirilmiş bir ortalama değer göstergesi olan "Xbar" grafikleri, verilerin standart sapma değerleri üzerinden çizdirilen "S" grafikleri ve son olarakta üstel ağırlıklı hareketli ortalama grafiği olarak adlandırılan "EWMA" grafikleridir. Elde edilen hatalı gözlemlerin hangi değişken/değişkenlerden kaynaklandığını bulmak için katkı grafikleri kullanılmıştır. RT-SPAC programı, bu istatistiksel grafikleri kullanarak, hatalı gözlemlerin üretim sonrasında yada üretim sırasında görüldüğü anda tespit edilmelerini amaçlamaktadır. Böylece her bir istatistiksel grafiğin sunduğu avantajla en az hataya izin veren üretim aşamaları gerçekleştirilebilecektir.

Bölüm 2, sensörlerin, bilgisayar ve proses arasındaki iletim görevini gerçekleştirirken, hangi bağlantıları ve iletim protokollerini kullanabileceğini içeren temel veri iletişimi bilgilerini içermektedir. Bölüm 3, sensörlerin, bilgisayar üzerinden sinyal iletimine açık hale getirilmesi, kontrolü ve bilgisayar üzerinden yönlendirilebilmeleri basamaklarına ayrılmıştır. Sensörlerden elde edilen verilerin anlamlı grafikler haline getirilebilmesi için kullanılan istatistiksel yöntemler Bölüm 4 ile açıklanmıştır. Bölüm 6, tezin kapsamında yer alan tüm aşamaları birleştiren ve aynı zamanda gerçek zamanlı maya üretimini temsil eden RT-SPAC programının hazırlanmasına ve program algoritmalarına ayrılmıştır. Program, maya üretimi sırasında prosese bağlanan sensörlerden sistemin anlık ve hızlı takibini yapılabilmekte, sistem değişkenlerinin oluşturduğu veri demetleri, yazılım içerisinde entegre edilmiş istatistiksel analiz yöntemleriyle yine gerçek zamanlı olarak grafikler haline getirilmekte ve böylece sistem RT-SPAC kontrolünde, gerçek zamanlı ve istatistiksel olarak takip edilebilmektedir. Bölüm 7 ile, RT-SPAC kontrolünde gerçekleştirilen altı adet kesikli maya üretiminin, program içerisinde bulunan istatistiksel algoritmalarla on-line yada off-line olarak analizlendirilmesi ve arayüz üzerindeki ilgili grafiklerle çizdirilen TBA ve İPK yöntemleri üzerinden üretimlerin hatalı noktalarının belirlenebilmesi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan istatistiksel yöntemler ve $Matlab_{7.0}$ ortamında hazırlanan RT-SPAC program algoritmalarına, Ekler kısmında yer verilmiştir.

2. VERİ İLETİMİNE GENEL BAKIŞ

Veri iletimi terimi, bilgiyi elektriksel yollarla göndermeye, almaya, işlemeye karşılık gelir. İletişimin amacı, herhangi bir biçimdeki bilginin zaman ve uzay içinde kaynak olarak adlandırılan bir noktadan, kullanıcı denilen başka bir noktaya aktarılmasıdır. Bugün telefon, radyo, televizyon ve bilgisayar gibi elektriksel iletişimin çeşitleri, günlük yaşantımızın vazgeçilmez birer parçası olmuşlardır. Son zamanlarda uydular ve fiber optik, bilgisayarlara ve diğer veri iletişimlerine artan bir önem yüklemekte ve iletişim daha da yaygınlaşmaktadır.

Dış dünyanın kontrol ve takibini yapmak üzere birbirlerine bağlı bilgisayarlar yada bilgisayarlara bağlanan ve veri iletişimini sağlayan cihazlar kullanılır. Bilgisayarlar bu bağlantılar üzerinden bilgi alışverişi sağlarken hesaplamalar yapar, karar verir ve kendi eylemini belirler. Tüm bu işlemler, bilgisayarlara yapacakları eylemleri anlatan programları ve bu bağlantıları sağlayan linkleri gerektirir.

Bir linkteki bilgisayarların tipi önem taşımaz. Önemli olan, bilgisayarın üzerinde bir seri arabirim bulunması ve linkteki bir bilgisayardan beklenen işlemleri gerçekleştirebilmesidir. Bunlar istenilen bilgiyi algılamak, istenilen bilgiyi göndermek ve aynı zamanda yapmakla yükümlü olduğu kendisiyle ilgili görevleri yerine getirebilmesidir. Linkteki iletişimi sağlayacak program kodları, bilgisayara ve kullanılan dile bağlı olarak farklılıklar gösterebilir. Bir PC'deki program, diskteki bir yazılımdır ve çalışması için işletim sistemi tarafından sistem belleğine yüklenmesi gerekir.

Mesaj formatı ve iletişim protokolü, bilgisayarların kendilerine yönelen mesajları tanımalarını ve anlamalarını sağlayan iki yöntemdir. Mesaj, bir yada daha fazla alıcıya gönderilmek istenilen bir küme veridir. Mesajın içerdiği verinin türü ve düzenleniş şekli

ise mesaj formatıyla belirlenir ve linkteki tüm elemanların aynı formatta uzlaşmaları şarttır. Mesajlarda başka bilgiler de yer alabilmektedir. Alıcının mesajın başını ve sonunu algılayabilmeleri için, mesajlarda bunları gösteren ya da mesajda alıcının hata denetimi yapmasını sağlayan sinyaller de bulunabilir. Çok çeşitli takip ve kontrol linkleri olmasına rağmen, linkteki iletişimin bazı ortak özellikleri vardır. Örneğin mesajlar kısa olmalı ve acil durumlarda anında tepki verilebilmesi için alıcı tarafından mesajın çabuk cevaplanabilmesi gerekir.

İletişim protokolü ise, bilgisayarın iletişimi idare etmesini sağlayan bir kurallar dizisidir. Protokolle, verinin iletim formatı ve bilgisayar tarafından nasıl iletileceği belirlenir. PC'lerde bulunan yapısal devre elemanları *UART'lar* (*Universal Asynchorous Receiver/Transmitter*), sözü edilen işlerin pek çoğunu, bir parça program desteğiyle otomatik olarak yaparlar. İki cihazlı durumlarda, iki ucun birlikte mi, yoksa sadece tek ucun mu iletim yapacağı söz konusu kurallar tarafından belirlenir. Ancak cihaz sayısı arttıkça, her bir cihazın ne zaman ne yapacağını bilmesi, öte yandan diğerlerinin o anda ne yaptığını bilmesi de gerekmektedir ve burada ek hatlar da kullanılabilir. Bunlar, aktarıcının gönderilecek verisi olduğunu, yada alıcının veri geleceğini anlamasına yönelik durum ve kontrol hatları olarak kullanılmaktadır. Bir iletimle ilgili bu durum bilgisi alışverişi, *elsıkışma* olarak adlandırılmaktadır. *Elsıkışma*'nın donanım tarafından yapılması halinde salt buna yönelik kontrol ve durum hatları bulunmaktadır. El sıkışma yazılımla sağlanırsa durum yada kontrol hatlarından değil, aynı data hattından özel kodlar gönderilir. Bölüm içerisinde sıklıkla değinilecek olan bu veri iletiminde kullanılan tanımlar ve işlevler, ilerleyen kısımlarda ayrıntılarıyla incelenecektir.

Bilgisayar ve cihaz (sensör) arasındaki bir link, fiziksel olarak bir takım tellerle bunların bilgisayara bağlanmasını sağlayan bir arabirimden oluşur. Bu bağlantı üzerinden, bilgisayarlar cihazlardan gelecek girdileri okuyabilirler. Çoğu linklerde ucuz, iki telli bakır kablolar kullanılır. Tellerden biri veri iletimi, diğeri de toprak içindir. Farklı sinyaller için ayrı iki tel de kullanılabilmektedir. Bir diğer seçenek fiber optik

kablolardır. Bunlarda veri, ışığın varlığı ve yokluğuna göre kodlanmıştır. Ancak çoğu durumda RS-232 gibi standart bir arabirimle linkin gereği karşılanmaktadır. Bu arabirim, bilgisayardaki mevcut bir portu kullanabileceği gibi ilave bir port yada adaptör de gerektirebilir. Çoğu PC'nin en az bir RS-232 arabirimi bulunur. Çizelge 2.1'de, RS-232 ile kontrol sistemlerinin kullanabileceği diğer arabirimlerin farkları gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Veri iletiminde kullanılan arabirimlerin karşılaştırılması

	Veri iletim formatı	Bağlanabilen cihaz sayısı	Maksimum uzunluk(feet)	Veri iletim hızı (/saniye)
RS-232	Asenkron - Seri	2	50-100	20 KB
RS-485	Asenkron - Seri	32	4000	10 MB
IrDA	Asenkron-Seri İnfrared	2	6	115 KB
Microwire	Senkron - Seri	8	10	2 MB
SPI	Senkron - Seri	8	10	2. 1 MB
I^2C	Senkron - Seri	40	18	400 KB
USB	Asenkron - Seri	127	16	12 MB
Firewire	Seri	64	15	400 MB
GPIB	Paralel	15	60	1 MB
Ethernet	Seri	1024	1600	10 MB
MIDI	Seri	2	15	31, 5 KB
Parallel Printer Port	Paralel	2	10	1 MB
Not. 1 feet'lik uzunluk ölçüsü, 30,48 cm birim uzunluğunu karşılamaktadır.				

RS-232 kolay bulunabilmesi, ucuzluğu ve benzerlerine göre nispeten uzun kablolarla çalışabilmesi nedeniyle oldukça yaygın kullanımı olan bir arabirimdir. RS-485 de ucuzdur ve sisteme bağlanması kolaydır. Ancak diğerine kıyasla çok daha uzun

kablolarla birlikte kullanılabilir. Daha hızlıdır ve ikiden fazla bilgisayarın bulunduğu sistemler için daha uygundur.
IrDA (*Infrared Data Association*) arabirimi, RS-232 ile aynı UART'ları ve veri formatlarını kullanabilir. Ancak burada veri kablosuz bir link üzerinden kızılaltı enerji olarak gönderilir. Daha çok, kablolu iletimin müsait olmadığı ve cihazların birbirini görebildiği durumlar için uygundur.

Microwire, SPI ve I^2C, senkron iletimli seri arabirimlerdir. Kısa mesafeler için uygundurlar. USB (Universal Serial Bus) ve Firewire (IEEE-1384) ise daha yeni, yüksek hızlı, akıllı arabirimlerdir. PC'lerle çevrebirimlerin bağlanmasında kullanılırlar. USB, standart RS-232'yi ikame etmek üzere, bilgisayar ve çevrebirim arasındaki arabirimi oluşturabilmek için geliştirilmiştir. Firewire ise, görsel yada işitsel büyük veri bloklarının hızlı transferine yönelik olarak tasarlanmıştır.

Ethernet, bir çok PC ağında (*network*) kullanılan en yaygın ağ arabirimidir ve pek çok data hattı vardır. MIDI (*Musical Instrument Digital ınterface*) arabirimi, bazı makine kontrolörlerine, tiyatro kontrol cihazlarına ve müzikal enstrümanlara ilişkin sinyallerin transferinde kullanılır.

Tüm bu seri arabirimlere karşılık, paralel arabirimlerin, belli bir anda birden fazla bit transfer edebilmeleri, veri iletiminde daha etkili olmalarını sağlamaktadır. Genellikle yalnızca bir küme data hattı bulunur. Data bu hatta tek yönde hareket eder. Uzun mesafelerde veya ikiden fazla düğümün yer aldığı linklerde, paralel arabirim, bazlı kablolama ve pratiklik avantajını yok edecek derecede pahalı olabilmektedir. Hemen her PC'de bir adet paralel yazıcı arabirimi bulunur. Portun PC'lerde standart olarak mevcut olması, bu arabirimin tarayıcılarda, harici disk ünitelerinde, veri toplama cihazlarında ve diğer özel amaçlı çevrebirimlerinde bulunmasını sağlamıştır. GPIB(*General Purpose Interface Bus*), yaygın kullanılan paralel arabirimler arasındadır. Enstrümantasyon ve kontrolde kullanılır.

2.1 Formatlar ve Protokoller

Her çeşit bilgiyi bilgisayarda saklamak ve bu bilgiler üzerinden işlem yapabilmek için yapılan çevirici işleme kodlama, bu maksat ile kullanılan kodlara da bilgisayar kodu adı verilir. Bu kodlama sırasında, iki farklı sembol kullanarak kodlama yapabilen *iki tabanına göre sayı sistemleri* kullanılır. İkili sayı sisteminde, her bir hane, 2'nin kuvveti olan bir değeri temsil eder. Bir sayının ikilik sistemde gösterilmesinde kullanılan ve bilgisayarda en küçük bilgi olan 0 ve 1 sembollerinden her birine ise *bit* adı verilir. Bit sözcüğü ingilizce b*inary digit* sözcüklerinin kısaltması ile oluşturulmuştur. Ancak bitler bilgi göstermede yetersiz kalır. Bu yüzden bilginin gösterilmesinde bit grupları kullanılır ve 8 bitten meydana gelen ve bilgisayardaki anlamlı en küçük bilgi birimini oluşturan *byte* terimi kullanılır. Belli sayıda bit'in birleşmesiyle meydana gelen bit sayısına n dersek, bilgi ortamında saklanabilecek olan en fazla bilgi sayısı 2^n bağıntısı ile hesaplanabilir. Böylece 8 bitten meydana gelen bir bayt'lık kayıt ortamında gösterilebilecek birbirinden farklı kayıt sayısı $2^n = 2^8 = 256$ olarak hesaplanır.

Çizelge 2.2 Sıklıkla kullanılan bilgi birimleri

8 Bit'ten meydana gelen kayıt ortamı	1 Byte,
1024 Byte'tan meydana gelen kayıt ortamı	1 KiloByte (KB),
1024 Kbyte'tan meydana gelen kayıt ortamı	1 MegaByte (MB),
1024 Mbyte'tan meydana gelen kayıt ortamı	1 GigaByte (GB)

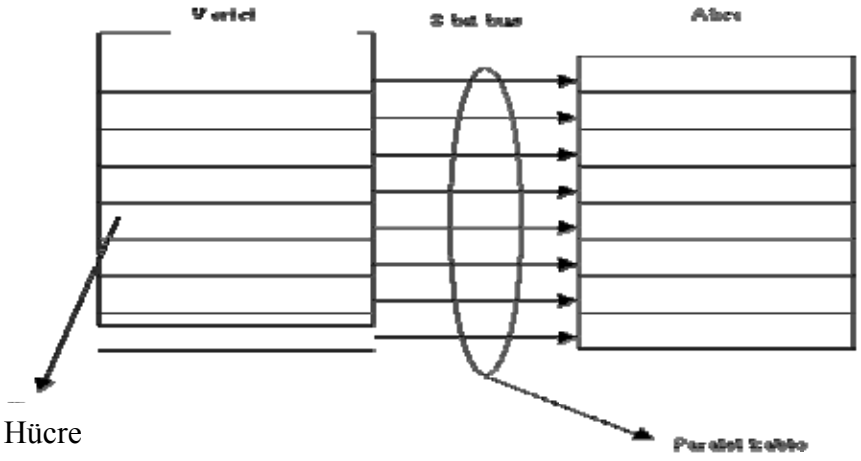
Bilgisayardaki harf ve özel sembollerin her birine karakter adı verilir. Bir bayt bir karakterlik bilginin saklandığı kayıt ortamı olarak da tanımlanmaktadır. Her bilgisayarın yapısına bağlı olarak değişen sayıda byte'tan meydana gelen ve bilgisayar tarafından bir defada ulaşılarak okunup yazılabilen bilgi kayıt alanlarına sözcük (*word*) adı verilir.

Veri iletim hızı, *baud rate* olarak adlandırılır ve birim zamanda (*saniyede*) iletilen bit sayısını ifade eder. Standart olarak veri hızları 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, vb. şeklindedir.

Veri iletiminde kullanılacak cihazlar, yaygın olarak seri veri iletişimini tercih ettiklerinden, genel olarak seri linklerde kullanılan veri formatları ve protokolleri üzerinde durulacaktır. Ancak seri iletime geçmeden önce veri iletiminde kullanılan temel yöntemlerden biri olan paralel veri iletiminden bahsetmek, bu alanda karşılaşılabilecek kavramların ve yaygın olarak seri iletimin tercih edilmesinin anlaşılmasını sağlayacaktır.

2.2 Paralel Veri İletimi

Digital olarak kodlanmış bilginin tüm bitleri aynı anda transfer edebiliyorsa buna paralel veri iletimi denir. Bu olay Şekil 2.1 ile daha net olarak anlaşılabilir.



Şekil 2.1 Paralel veri iletimi

Transfer edilecek bilgi, içerisinde her bir bit için ayrı bir hücre bulunan bir yazmaç'a yüklenir. Her bir veri, hücre çıkışı uygun kablo bağlantıları ile alıcı devrenin hücrelerine

bağlanır. Alıcı devresi de genellikle bir yazmaç'dır. Görüldüğü gibi paralel veri iletiminde, iletilecek bilginin her biti için bir kablo bağlantısı vardır. Bu ise, çok kablolu (multi-wire) bir hattın kullanımını gerektircektir

2.3 Seri Veri İletimi

Seri haberleşmede, paralel haberleşmeye göre daha uzun mesafelere veriler iletilebilir. Ancak seri bir link, veri iletiminde, bir kerede bir karakterin sadece bir bitini yollayabilir. Bu yüzden seri iletimin veri iletim hızı da düşük olacaktır. Ayrıca seri linkteki alıcı kısım, doğru haberleşme için karakter uzunluğunu, *start,stop(başlangıç,bitiş sinyalleri)* bit'lerini ve iletim hızını bilmek zorundadır.

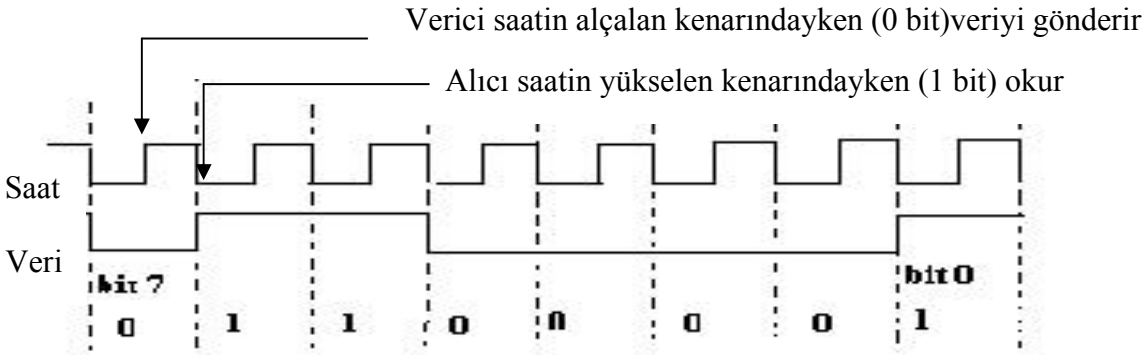
Seri linklerdeki veri akışının kontrolü için gerekli sinyallerden biri saat sinyali veya zamanlama referansıdır. Hem gönderen hem de alan cihaz, bir bit'in ne zaman gönderileceğine ya da alınacağına karar verirken bir saat sinyali kullanırlar. Bunun yanında, *senkron* ve *asenkron* olmak üzere iki çeşit seri veri formatı vardır ve her biri saatleri farklı şekilde kullanırlar.

Senkron iletimde, belirli bir başlangıçtan sonra veriler sıralı olarak ard arda gelirler. Uzun bir dosyanın iletiminde bu yol kullanılabilir. Asenkron iletimde ise bir veri gönderildikten sonra yeni bir veri belirli olmayan bir zamanda gelir. İşte bu yeni verinin başlangıcı, start bit'i ile bildirilir. Stop bit'i ile de gönderilen verinin bittiği ifade edilir. Bu biti alan alıcı, yeni bir veri için start bitini gözlemeye başlar. Start ve stop bitleri, haberleşmenin tipine göre 1 yada 2 bit uzunluğunda olabilir.

2.3.1 Senkron format

Senkron iletimde, alıcı ve vericiyi senkron halde tutmak için ayrı bir hat gerekmektedir. Her cihaz içlerinden biri ya da dışardan bir cihaz tarafından türetilen aynı saati (saat sinyalini, darbesini) kullanırlar (Şekil 2.2). İletilen her bit saatle eşzamanlıdır. Diğer bir deyişle, iletilen her bit, bir saat darbesi geçişinden (yükselen ve alçalan kenardan) sonraki belirli bir zamanda geçerlidir. Alıcı saatindeki gürültü ve kaymadan dolayı senkronizasyonun kaybolmasını engellemek için, alıcı ve verici arayüz ünitelerinin, iletim süresi boyunca senkronizasyon içinde olması çok önemlidir.

Senkron seri iletişimde, saat sinyalleri ile, seri verinin 1 ve 0' larının doğru sıralanıp sıralanmadığını araştırmanın yanı sıra, iletimi başlatırken ya da bitirirken kullanılan sinyalleri de belirlemeye ihtiyaç vardır. Bunlar *Start* ve *Stop* bitleridir. Gönderilen verinin başlangıcı start biti, verinin bitişi ise stop biti adı verilen ve alıcının anlayabileceği sinyaller eklenerek ifade edilir. Bu işlem, alıcı ve verici arayüz ünitelerinin başlangıç senkronizasyonu ile yapılır.



Şekil 2.2 Senkron iletim

Senkron arabirimler, 15 feet (*4,572 metre*) ve daha kısa kablolu, kısa mesafeli linklere uygundur. Uzun mesafeli linklerde senkron formatlar pratik değildir. Çünkü böyle durumlarda saat sinyalinin iletimi, parazit nedeniyle, ilave bir hat gerektirmektedir.

2.3.2 Asenkron format

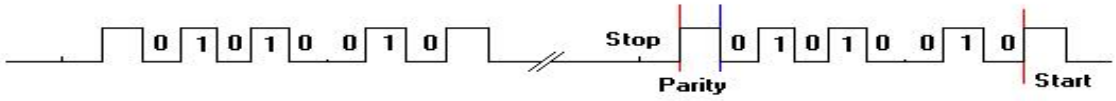
Asenkron iletimlerde linkte saat hattı olamaz. Bunun sebebi zaten her ucun kendi sinyalini sunmasındandır. Ancak, uçların saat frekanslarında anlaşmaları ve saatlerin de uyumlu olmaları gerekir. İletilen her byte' ta saatleri eşlemek üzere bir start biti ve iletimin bittiğini bildirmek üzere bir veya daha fazla *s*top bit'i bulunur. Bu da zaman kaybına neden olacağından, iletim sınırlı bir zaman aralığında yapılıyorsa, asenkron veri iletimi senkron veri iletimine oranla daha yavaş gerçekleşecektir.

Start bitiyle başlayıp stop bitiyle biten aralıktaki değer *word* olarak adlandırılır. Word içindeki veri bitleri bir karakter tanımlarlar. Asenkron iletişimde veri, veri demetinin özel bitlere ayrılmış hali olan word'ün başladığını alıcıya işaret eden bir start bitinin arkasındadır. Word'ün sonu, alıcıya, veri bloğunun sona erdiğini söyleyen bir stop bitiyledir. Veri bütünlüğünü sağlamak için parite (eşlik) biti, stop biti ile verinin son biti arasına eklenir. Parite bit'i gönderilen veri ile gelen verinin bit diziminin aynılığını ve bit sayısının doğruluğunu kontrol edecektir.

Eşlik Biti de denilen parite biti (*parity bit) b*ir çeşit hata denetim bitidir. Start ve 8 bitlik bir veri iletildikten sonra stop biti gönderilmeden parite gönderilir. Parite; *çift, tek, iz* yada *boşluk (Even, Odd, Mark, Space*) olabilir.

PC' lerdeki RS-232 portlar, modemlerle ve diğer cihazlarla iletişimde asenkron formatları kullanır. Bunlar aslında senkron veri transferi de yapabilirler. Ancak

asenkron transfer daha yaygındır. Bu asenkron transfer, çeşitli formatlarda olabilir. Bunların en yaygını 8-N-1'dir. 8-N-1 ifadesindeki N, iletimde parite biti kullanılmadığını anlatır. Diğer formatlarda ise hata kontrolünün basit bir formu olarak *parite* bit'i bulunur.



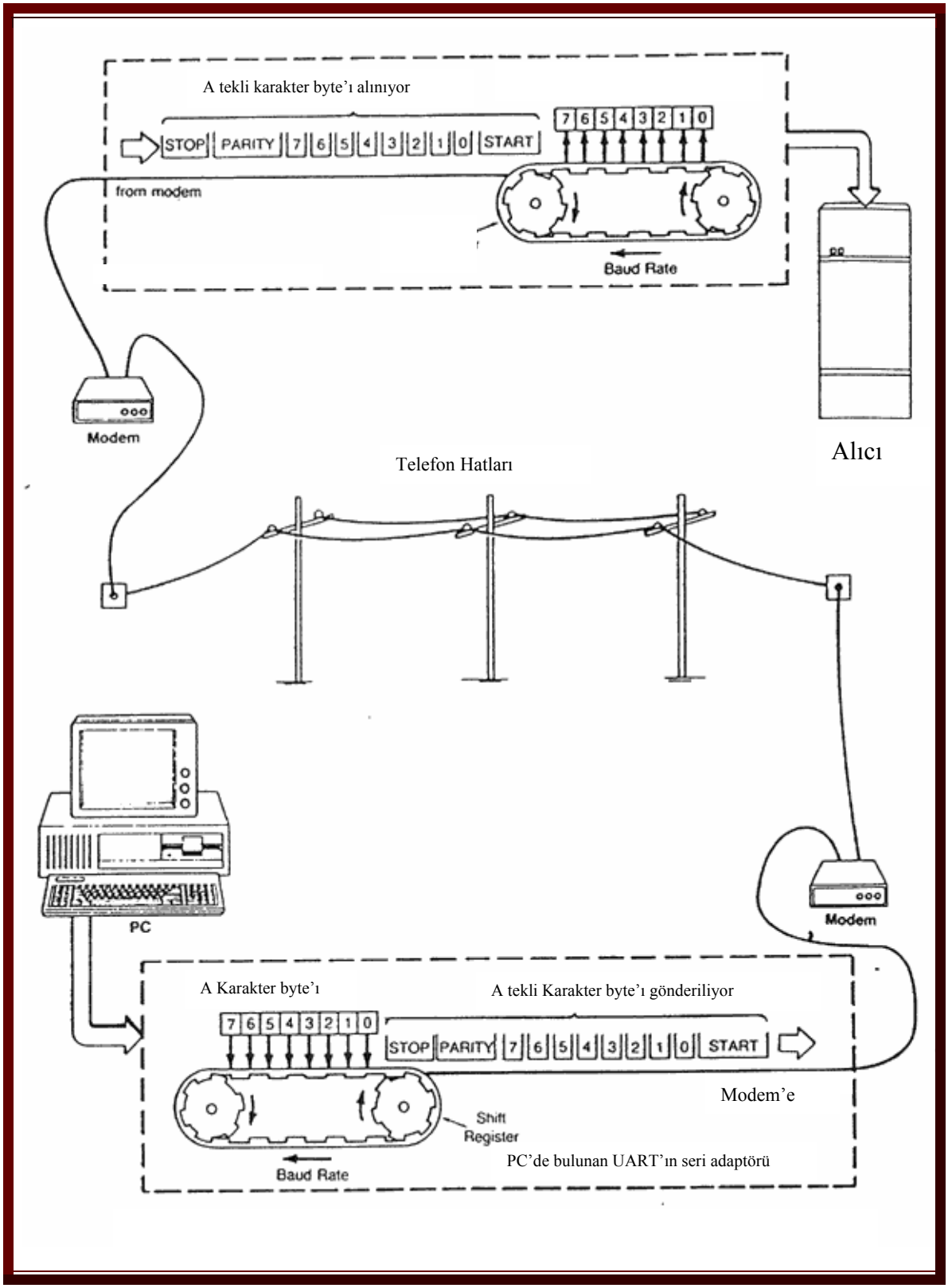
Şekil 2.3 Ardarda gelen 8 bitlik iki adet veri katarı.

Çizelge 2.3 Çift ve tek parite karşılaştırılması

Data Bits	Even Parite Bit	Odd Parite Bit
0000000	0	1
0000001	1	0
0000010	1	0
0000011	0	1
0000100	1	0
1111110	0	1
1111111	1	0

Çizelge 2.3'de farklı veri bitlerindeki *çift* ve *tek* parite karşılaştırmaları gösterilmektedir. *Çift* paritede, veri bitlerindekilerle birlikte, parite bitinde çift sayıda 0 bulunur. *Tek* paritede ise tek sayıda 0 vardır. *Çift* parite, parite bitinin, kendisindeki ve iletilen 8 bitlik verideki 1' lerin toplam sayısının çift olmasını sağlayacak şekilde set edildiğini (ya da temizlendiğini) anlatır. *Tek* parite ise, aynı şekilde, 1'lerin toplam sayısının tek olmasını sağlayacak şekilde set edildiğini anlatır. Alıcı, bu biti kontrol ederek, alınan verinin doğru olup olmadığını kontrol eder. 1 parite 1 bit uzunluğundadır.

İz parite ve *boşluk* parite ise sabit paritelerdir. *İz* parite'de, parite biti daima 1'dir. Boşluk paritede ise 0' dır. Bunlar hata göstergesi olarak pek kullanışlı değildir. Daha çok ağ sistemlerinde byte' ın adres mi yoksa veri mi içerdiğini belirlemekte kullanılırlar.



Şekil 2.4 Asenkron iletişim şeması

Şekil 2.4, asenkron iletişimin nasıl işlediğini şematik olarak anlatmaktadır. Asenkron modunda, start biti, alıcı için başlangıç zamanlama sinyali olarak çalışır. Bu bit yardımı ile alıcı kendi saatini senkronize eder. Bu senkronizasyon biti alındıktan sonra, iletilmekte olan verinin karekterleri, veri olarak kaydedilir. Eğer alıcı ve verici saat frekansları tam uyumlu değilse, alıcının son biti yükleninceye kadar geçen zaman içinde senkronizasyonda küçük bir kayıp olabilir. Buna bağlı olarak hata olasılığını yok etmek için her sözcüğün sonunda stop bitleri bulunur. Bu bitler, doğru okumayı sağlayabilecek ölçüde alıcı saatinin bozulup bozulmadığını anlayabilmek için kontrol amacıyla kullanılırlar.

2.4 Seri Veri İletiminin Paralel Veri İletimi İle Karşılaştırılması

Paralel veri iletimi, bilginin tüm bitlerinin aynı anda iletimi sebebiyle çok hızlıdır ve bir kerede bir karakter iletildiği için bilgi iletim hızı "cps" (Character Per Second) olarak bilinir. Sıradan bir paralel portun veri iletim hızı yaklaşık 100.000 cps'dir. Seri veri iletiminde, bir kerede bir karakterin sadece bir biti iletilir. Benzer şekilde, sıradan bir seri portun veri iletim hızı yaklaşık 9600 bps'dir. Pek çok paralel port uygulamasında, bir karakter yaklaşık olarak birkaç mikro saniyede (10msn) alıcı devreye iletilebilir.

Veri iletiminde kullanılan portlardaki kablolar pahalıdır. Tipik paralel port bağlantıları için genellikle 25'li hatlar kullanılır. Ancak bunların sadece 8 tanesi data hattıdır. Geriye kalan diğer hatlardan kontrol sinyalleri iletilir. Çok kablolu hatların pahalı olması, paralel iletişiminin kısa mesafelerde tercih edilmesinin sebeplerinden biridir. Bilgisayarlarda harddisk, printer, scanner vb. elemanlar arasındaki kısa mesafelerde paralel iletişim kullanılır.

Seri veri iletiminde, alıcı makine doğru haberleşme için karakter uzunluğunu, start-stop bitlerini ve iletim hızını bilmek zorundadır. Paralel veri iletiminde, bir karakterin tüm bitleri aynı anda iletildiği için start-stop bitlerine ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla doğruluğu daha yüksek olacaktır. Çizelge 2.4 ile, seri ve paralel iletimlerin tercih edilmesindeki en belirgin özellikler karşılaştırılarak iki etkin veri iletim yönteminin daha rahat kıyaslanabilmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 2.4 Seri ve Paralel veri iletiminin karşılaştırılması

	Seri İletim	Paralel İletim
Veri İletim Hızı	9600 bps	100. 000 cps
Start-Stop Bitleri	Kullanılır	Kullanılmaz
En az kablo sayısı	3 telli 9'lu hat	10telli 25'li hat
Uzaklık	Uzun mesafelerde	Kısa mesafelerde
Maliyet	Bulunması kolay ve ucuz hatlardır	Çok kablolu hatlar maliyeti artırır

2.5 Sistem Desteği

Asenkron formatlarda veri iletimine yönelik programlamanın çok zor olmadığı söylenebilir. Bir çok PC' de bulunabilen UART(*Universal Asynchorous Receiver/Transmitter*) adlı devre elemanı seri veri gönderim ve alımına ilişkin ayrıntıları halleder.

PC' lerde işletim sistemi ve programlama dilleri UART'ın mimarisini detaylarıyla bilmeyi gerektirmeksizin, seri linklerin programlanmasına imkan vermektedir. Bir linki açmak için, uygulama bir veri hızıyla birlikte diğer ayarları belirler ve istenilen portu devreye sokar. Gönderilecek byte, uygulama tarafından seçilen portun tamponuna (geçici veri deposu) yazılır. Format belirlemesi, start ve stop bitinin eklenmesi, parite bitinin gerekip gerekmediğine ilişkin ayrıntılar ve nihayet gönderim, UART tarafından

yapılır. Benzer şekilde, gelen veri portun tamponunda tutulur. UART bir kesme (program dışsal bir olaya bağlı olarak herhangi bir anda durdurulur) tetikleyerek CPU' ya, dolayısıyla uygulamaya, bir veri geldiğini bildirir.

Hem senkron hem de asenkron iletimleri destekleyen cihazlar da mümkündür. Bunlara bir örnek olarak USART (*Universal SynchorousAsynchorous Receiver / Transmitter*) gösterilebilir.

2.6 Veri formatları

Bir seri iletimdeki veri bitleri; komut, sensör okuması, durum bilgisi, hata kodu ya da metin mesajı olabilir. İletilen bilgi, ikili kod ya da metin formunda da olabilir.

İkili(Binary) Veri;

Alınan byte değeri, 0-255 aralığındaki bir değerin binary karşılığıdır. Bitler 0'dan 7'ye kadar numaralandırılmıştır ve bu numaralar 2'nin karşılık gelen kuvvetini gösterir. Her bir bit, değeriyle karşılık gelen 2'nin kuvvetinin çarpımını temsil etmektedir.

Metin Veri;

Binary veriler çoğu linklerde sorun çıkarmaz. Ancak bazı linklerde mesajların ya da metin içeren dosyaların gönderilmesi gerekir. Kimi durumlarda da binary verinin metin olarak kodlanıp gönderilmesi gerekir. Metin yollarken, program her bir karaktere karşılık bir sayısal değer tahsis eden bir kodlama kullanır. Çeşitli kodlama türleri vardır. En yaygınlarından biri ASCII (*American Standart Cod for Information Exchange*)' dir. 128 koddan oluşur. 7 veri bitine ihtiyaç duyar. Sekizinci bit ya 0 ya da parite biti olarak kullanılabilmektedir. Diğer biri ANSI (*American National Standarts Institute*)'tur. 256

koddan oluşur. Büyük değerler özel ve vurgulu karakterleri temsil ederler. Diğer formatlar karakteri tanımlarken 16 bit kullanırlar. Bu, 65.536 farklı karakter anlamına gelir. Unicode standardı ise ilave olarak yüzlerce alfabeye imkan vermektedir. Ayrıca, DBCS (*Double-byte character set*) çoğu Asya dillerini destekleyen daha eski bir standarttır.

ASCII hex;

Bazı cihazların bilgiyi her bir kodun bir metin karakteriyle temsil edildiği ASCII kodlar halinde almaları gerekir. 0-255 arasındaki sayısal bir verinin böyle bir cihaza byte olarak gönderilmesi halinde, cihaz her byte'ı bir ASCII kod şeklinde değerlendirecek ve ortaya istenmeyen durumlar çıkacaktır. Örneğin 0Ah değeri cihazın satır besleme yapmasına yol açacaktır. Bu durumda, her bir byte, iki hex (hexadesimal) karakterine karşılık gelen bir çift ASCII kodla temsil edilir. Kullanılan karakterler 0'dan 9'a sayılar ve A'dan F'ye harflerdir. Bu formatta, her hangi bir değer, 30h-39h (0-9) ile 41h-46h (A-F) aralıklarındaki ASCII kodlarla ifade edilebilir. 0-255 arasındaki bir değer, tek bir byte olarak gönderilebileceği gibi iki byte olarak da gönderilebilir. Burada her bir byte bir hex sayıyı temsil eder. Alıcı, gelen değerleri metin olarak görür. Veriler bir kez alındıktan sonra, istenilen şekle dönüştürülmesi mümkündür.

Çizelge 2.5 Veri formatlarının kıyaslanması

Bir ondalık sayı ele alalım	163
Bu ondalık sayının binary karşılığı	1010 0011
Hex karşılığı	A3h
A karakterinin ve 3 karakterinin ASCII koddaki hex karşılıkları	41h, 33h
Bu iki ASCII hex' in binary kod karşılıkları iki ayrı byte olarak	01000001, 00110011

Çizelge 2.5'deki gibi ASCII hex formatını kullanan bir seri-link, A3h değerini çizelgenin alt satırındaki gibi iki byte şeklinde yollayacaktır. Bu durumda, iki byte gönderilecek olması nedeniyle, süre iki katına çıkar. Öte yandan, çoğu kez her iki uçta da modların birbirlerine dönüştürülmesi gerekir. Bununla birlikte ASCII hex' in kullanıldığı yerler de vardır.

2.7 Veri Kaybının Engellenmesi

Seri linklerdeki bilgisayarlar, veri almayı beklemek dışında işler de yaparlar. Örneğin, bir veri-kabul (data-acquisition) birimi, bir diğer alıcı cihaz isteyene kadar veri toplayıp kaydedebilir. Yahut, bir kontrolör, link üzerinden bilgi göndererek yada talimat alarak kontrol ve takip yapabilir.

Bir cihazın, alıcı meşgulken iletimde bulunmak istemesi de mümkündür. Bir linkte, her alıcının gönderilen veriyi görebilmesi ve verinin de hatasız iletilmesi gerekir. Bunu sağlamanın çeşitli yolları vardır. Elsıkışma, tamponlama, alınan veriyi algılamak üzere kesme ya da yoklamaya başvurulması ve hata kontrolü bu yollar arasındadır. Bir link bunların birini ya da birkaçını kullanabilir.

2.7.1 Elsıkışma

Elsıkışma sinyalleriyle vericiler veri göndermeye, alıcılarsa almaya hazır olduklarını belirtirler. RS-232 linkler standart protokolleri izlerler. Ancak sinyallerin izlediği protokoller değişebilmektedir.

Yaygın donanım elsıkışma biçimlerinden birinde, alıcı alıma hazır olduğunda hattı yükseğe (1*bit değeri*) getirir. Verici ise gönderime başlamadan önce bu sinyalin gelmesini bekler. Alıcı, hattı her hangi bir anda, hatta blok veri alımının tam ortasında, düşüğe (*0 bit değeri*) getirebilir. Verici bunu algılamalıdır ki, iletimi bitirmek için hattın yeniden yükseğe geçmesini beklemek üzere o anda gönderimi durdurabilsin. Bazı linkler bu işi yazılım elsıkışmasıyla kotarırlar. Alıcı, veri almaya hazır olduğu yolunda bir kod, verici ise, gönderimi durduracağı şeklinde başka bir kod yollar.

2.7.2 Tamponlar

Tamponlar, alıcılara yollanan verinin kaybolmasını engellemede kullanılan yöntemlerden biri olsa da, verici tarafında da işe yarayabilmektedirler. Özellikle uygulamaların link üzerinden yollayacakları bilgileri depolayarak daha verimli çalışmalarını sağlarlar. Tamponlar donanımda, yazılımda ya da her ikisinde de olabilirler. En eskiler hariç bütün PC'lerde UART üzerinde 16 byte donanım tamponları bulunur. Bu, yazılım tarafından okununcaya kadar UART'ın 16 byte veriyi depolayabileceğini anlatır. Gönderimde ise, 16 byte veri tamponda tutulurken, UART, protokole bağlı olarak, byteların tek tek bitler şeklindeki gönderim ayrıntılarıyla uğraşmasına imkan verir.

Donanım tamponlarının yeterince geniş olmadığı durumlarda yazılım tamponlarına başvurulabilir. Boyutları programlanabilmektedir. Sistemin bellek kapasitesi kadar geniş tutulabilirler. Donanım ve yazılım tamponları arasındaki transfer, portun yazılım sürücüsü tarafından yapılır.

2.7.3 Yoklama ve Kesmeler

Veri alımı, gönderimi, elsıkışma sinyallerindeki değişmeler ve hata mesajlarının iletimi, bir seri portta meydana gelen genel olaylardandır. Bunlara yol açan veya bunları algılayan bir uygulamanın önünde iki yöntem vardır:

Birincisi, olayın gerçekleşmesi halinde programın bir rutine dallanmasını sağlamaktır. Uygulama, porttaki oluşuma derhal ve otomatik olarak tepki verir. Kontrolle vakit kaybı söz konusu olmaz. Yani tek kontrol, olayın olmadığına ilişkin bilgiyi almaya yöneliktir. Bu tip bir programlama *olay-uyarımlı* adı verilir. Program dışsal olaya bağlı olarak herhangi bir anda kesilebilir. Bu durumda rutin devreye girer.

İkinci yöntemde, bir olay meydana gelip gelmediğini öğrenmek için port periyodik yoklanır. Buna, *prosedür-programlama* adı verilir. Uygulama, bir kayba yol açmamak için, portu uygun aralıklarla yoklamak durumundadır. Yoklama sıklığı tamponun büyüklüğüne, beklenen veri miktarına ve verilecek tepkinin aciliyetine bağlıdır. 16 byte tamponlu bir cihaz, portu saniyede bir yokluyorsa, saniyede 16 byte'ten fazla veri alamayacak demektir. Yoksa, taşma meydana gelecek ve veriler kaybolacaktır.

Yoklama genellikle, bir anda yapılması gereken yoğun veri transferlerinde, ya da bilgisayarın gönderdiği veriye acil cevap gerektiği durumlarda uygundur. Yoklamalı bir arabirimde donanım kesmelerine gerek olmaz. Dolayısıyla bu tür bir program, kesme hattı olmayan bir programda çalıştırılabilir. Çoğu yoklamalı programlar, porttan okuma aralıklarını belirlemede sistem zamanlayıcısına başvururlar.

2.7.4 Onaylar

Bazı linklerdeki cihazlar komutları tepki vermeksizin alabilirler. Ancak bir cihazın karşılığında herhangi bir bilgi yollamayacaksa bile, komutu aldığını vericiye bildirmesi istenir. Bu tür onaylar özellikle ağlarda çok yararlıdır. Çünkü böyle durumlarda aynı veri yolunu paylaşan çok sayıda alıcı yada verici cihaz vardır. Nitekim bir vericinin yanlış bir zamanda başka bir alıcıya yönelmesi, başka bir vericinin mesaj iletimini engelleyebilir.

Onay, tanımlı bir byte olabilir. Örneğin, alıcıyı belirlemeye yarayan bir değer böyledir. Yani, verici, yolladığı bir mesaj karşılığında bir mesaj almışsa mesajın alındığını varsayar. Verici beklediği tepkiyi alamadığı durumda ya problem olduğunu düşünerek yeniden girişimde bulunacak ya da başka bir operasyona geçecektir.

Giriş tamponu olmayan ya da düşük kapasiteli tamponu olan bir bağlantıya iletim yapılması halinde, verici teyide ihtiyaç duyabilir. Örneğin, blok veri yollayacağını belirmek amacıyla alıcı cihazı uyarmak isteyebilir. Böyle bir durumda, verici, gönderim yapacağını belirtmek üzere önden bir byte yollar. Alıcı byte'ı okuduğunda bir teyit gönderir ve ardından tüm dikkatini seri portu izlemeye yöneltir. Verici karşılık teyidini görünce iletime geçebileceğini anlar.

2.7.5 Hata kontrolü

Alıcı tüm verinin doğru bir şekilde geldiğini doğrulamak için hata kontrolüne gidebilir. Bir mesajdaki hataları kontrol etmek için çeşitli yollar vardır. Örneğin aynı veriyi tekrar yollamak ya da hata byte'ları yollamak bunlar arasındadır.

En basit denetim biçimi tekrarlamalı veri kullanımıdır. Verici bir mesajı iki kere yollar. Alıcı her ikisinin de aynı olup olmadığına bakar. Haliyle bu durumda süre de iki katına çıkar. Yine de, sık veri gönderilmediği hallerde yararlı bir yöntemdir. Kızılaltı denetimlerde sık başvurulur.

İkinci bir yöntemde veriyle birlikte bir *hata-denetim* byte'ı yollanır. Mesajdaki byte'lar üzerinde mantıksal ya da aritmetik işlemlerle denetim toplamı hesaplanır. En tipik olanı, mesajdaki tüm byteların değerlerini toplamak ve en düşük değerli byte'ı denetim toplamı olarak kullanmaktır.

Alıcı uç, hesabı tekrarlar ve sonuç farklı çıkıyorsa, aldığı verinin gönderilenden farklı olduğunu anlar. Denetim toplamı tek bir byte'a karşılık geldiği için mesajın boyunu fazlaca arttırmaz. Özellikle uzun mesajlarda yararlıdır. Ancak bu yöntem çok güvenilir değildir. Çünkü, veride sorun olmasa bile toplamların birbirine uyması düşük bir ihtimaldir.

Bir diğer yöntem, çevrimsel tekrar kodu kısaca CRC (*cylic redundancy code*)'dur. Daha karmaşık bir matematiği olmakla birlikte yukarıdakinden daha sağlıklıdır. Bir cihaz hata algıladığında ya da anlamadığı bir mesaj aldığında, vericiyi ya yeniden göndermesi ya da sorunu halledecek başka bir çare bulması için uyarmaya çalışır. Belli sayıda denemeden sonra verici, soruna bir çare bulamamışsa ya da alıcı tepki vermiyorsa, belli bir süre sonra alıcıyı ihmal edeceğini bir hata mesajı ile veya ses ile bildirerek kullanıcıyı uyarmalıdır. Alıcının da gelen mesajın beklendiğinden kısa olması durumunda ne yapacağını bilmesi gerekir. Bir mesajı ebediyen beklemek yerine belli bir sürenin sonunda vericinin durumdan haberdar olmasını sağlamalıdır ki, verici de ne yapacağını bilsin. Aksi takdirde veri ağı, sonu belirsiz bir süre beklemede kalır.

2.8 Port Mimarisi

Neredeyse tüm PC'ler üzerinde, dış cihazlarla bağlantı ve veri aktarımı yapılabilmesi için seri ve parallel portlar vardır. Bu portlar aracılığı ile bir modem cihazı (seri porttan) veya bir yazıcı (paralel porttan), bilgisayar üzerinden veri aktarımında bulunabilirler. PC'de bulunan herbir COM ya da Comm (iletişim) portu, UART tarafından denetlenen bir *asenkron* porttur. Bir COM portun RS-232 ya da RS-485 gibi bir arabirimi olabilir. Ya da port dahili bir modem veya başka bir cihaz için kullanılıyor olabilir. USB, Firewire, 12C gibi başka portlar da bulunabilir. Ancak bu portlar, farklı protokoller ve devre elemanları gerektirmektedirler.

USB ve firewire gibi yeni arabirimler daha hızlıdırlar ve bazı yönlerden avantajlıdırlar. Microsoft PC 98, RS-232 arabirimli portları da kullanılabilir olarak belirlemekle birlikte, mümkün olması halinde artık USB'nin tercih edilmesini salık vermektedir. Nitekim, yeni arabirimler, birçok çevre birimi için daha uygundur. Bununla birlikte RS-232 ve benzeri arabirimler, kontrol ve takip sistemlerinde hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar ucuz, programlanması kolay, uzun kablolara imkan veren ve eski PC'lerle rahatlıkla kullanılabilen arabirimlerdir. USB'nin kullanımı yaygınlaştıkça, RS-232'e dönüşüm için kullanılan konvertörler de yaygınlaşmıştır. Böyle bir konvertör, PC'nin USB portuna bağlanarak, USB ile diğer portlar arasında geçişe imkan verebilmektedir. Dolayısıyla artık sisteme bir RS-232 eklemek de sorun olmaktan çıkmaktadır.

2.9 UART

UART, seri ve parelel veriyi birbirine çevirmekte kullanılırlar. PC'ye gelen parelel veri, UART tarafından belli bir yönde iletmek üzere seri veriye dönüştürülür. Öte yandan

karşıt yönden gelen seri veri de, yine UART tarafından, CPU 'nun sisteminden okuması için, parelel veriye dönüştürülür.

UART hem *tam-cift* (*full-duplex)* hem de *yarı-çift (half -dublex)* iletişimi destekler. *Tam çift* iletişimde UART aynı anda hem veri gönderir hemde alır. *Yarı-çift* iletişimde belli bir anda yalnızca bir cihaz iletişim yapabilir. Kimin gönderim yapacağı kontrol sinyalleri ya da kodlarıyla belirlenir. Her iki yön için tek bir yol kullanılması halinde veya ikiyol bulunmasına rağmen bir cihazla belli bir anda tek yönlü iletişim kuruyor olabilmeleri halinde *yarı–çift* iletişime başvurulur.

2.10 Gelişmeler

Tamponlar veri transferinin verimliliğini artırırlar. Böylece alıcı uçtaki CPU'nun, sonrakine yetişmek için her gelen byte'ı okuyacağım diye kaygılanmasına gerek kalmaz. CPU meşgul ise bilgi tamponda bekler, CPU işi bitince tampondan okur. CPU'nun veri bus'ı seri porttan daha hızlıdır. CPU her bir operasyonda 16 byte'ın hepsini okuyabilir. Burada geçen süre byte'ların geliş süresinin ancak bir kesrine eşittir. Diğer uçta ise CPU, UART'a 16 byte yazabilir. Bunların uygun sırada gönderilmesine ilişkin detaylar UART'a kalır.

2.11 RS-232 Özellikleri

RS-232 iki cihaz arasında bilgi alışverişine yönelik tasarlanmıştır. Aralarındaki mesafe yaklaşık olarak 15 ile 30 metre arasında değişebilmektedir. Bu noktada kablo tipi ve bit hızı önemli rol oynar. Bir adaptör yardımıyla farklı tip bir arabirime çevrilebilmektedir. Basit bir devre kullanılarak bir RS-232 portu, bir çok cihaza bağlanabilen ve daha uzun mesafelerde çalışabilen bir RS-485'e çevirmek mümkündür.

RS-232 linklerde *dengesiz* (unbalanced) hatlar kullanılır. *Dengesiz*'lik sakınılması gereken bir şey gibi görünmekle birlikte, burada, hatlardaki sinyallerin elektriksel karakteristiklerine atıfta bulunulmaktadır. Dengesiz bir hat, sinyal voltajının tek bir tele tatbik edildiği ve tüm sinyal voltajlarının tek bir toprağı referans aldıkları bir hattır. Bu tip bir arabirime *tek-uçlu* da denilmektedir.

RS-232'nin bazı yönlerden avantajları vardır:

- ✓ Her PC'de bir ve daha fazla bulunur. Yeni PC'ler USB gibi arabirimleri desteklemektedir. Fakat RS-232, USB 'nin yapamadığı şeyleri de yapabilir.
- ✓ Linkler 15 yada 30 metre uzunluğunda olabilir. Çoğu cihazlardaki arabirimler uzun mesafelere yönelik değildirler. USB linkler 16 feet olabilmektedir. PC paralel arabirimi 10-15 feet, IEEE-1284 tip B sürücülerle ise 30 feet olabilmektedir. Oysa RS-232 çok daha uzun kablolarla da iş görebilir. Her RS-232 bir modeme bağlanırsa, bu durumda telefon şebekesini tüm dünyaya iletim amacıyla kullanmak mümkündür.
- ✓ Çift-yollu bir link için sadece üç tele ihtiyaç vardır. Paralel linkte sekiz adet veri hattıyla iki ve daha fazla kontrol sinyali ve birkaç da toprak hattı bulunur. Kablolama maliyeti yanında bir de konnektor sorunu vardır.

Dezavantajları ise şunlardır:

- ✓ Linkin karşı ucu paralel veri gerektiriyorsa, gelen veriyi paralel veriye dönüştürmek zorunda kalacaktır. Ancak, bu sorun bir UART kullanarak kolaylıkla çözülebilir.
- ✓ Çok kullanışlı olmaları nedeniyle boş seri port bulmak neredeyse imkansız gibidir. Bir linkte ikiden fazla cihaz bulunmayabilir.
- ✓ Belirlenen en yüksek hız, 20.000 bps'dir. Oysa, genellikle kısa linklerde, bunun üzerine çıkan pek çok arabirim bulunmaktadır.
- ✓ Çok uzun linklerde farklı bir arabirim gerekebilir.

2.12 İki Cihazı RS-232 ile Bağlamak

RS-232 her zaman en popüler arabirimlerden biri olmuştur. Hemen her PC'de bir RS-232 yer almaktadır. RS-232 en sık modem bağlantısında kullanılır. Ancak veri toplama modüllerinde, test cihazlarında ve kontrol devrelerinde de sıkça iş görmektedir. İki bilgisayar arasında basit bir link için de kullanılabilir.

Son zamanlarda çok daha hızlı ve gelişmiş arabirimler kullanıma girmekle birlikte donanım ve yazılım gereklerinin yalınlığı, ucuzluğu ve bir çok cihazın üstünde yer alması gibi nedenlerle yaygınlığından bir şey kaybetmiş değildir. Daha hızlı ya da daha ucuz rakipleri de yok değildir. Ancak hemen hepsi birbirleriyle uyumludur.

2.13 Sinyaller

PC'deki standart seri port bir çok bakımdan RS-232 standardını karşılar. Arabirimin sinyal fonksiyonları, bacak yerleşimleri ve diğer karakteristikleri TIA (The Telecommunications Industry Association) tarafından yayınlanan dokümanda yer almaktadır. Standart ilk ortaya çıktığı 1960'lardan bu yana epeyce revizyona uğramıştır. Son olarak 1997 tarihli TIA/EIA-232-F mevcuttur.

RS-232 arabirimin orijinal adıdır. RS (*Recommended Standard*), tavsiye edilen standart karşılığında kullanılmaktadır. Burada bahsedilecek RS-232 ifadesiyle TIA/EIA-232 ile uyumlu arabirim kastedilmektedir. Standart, arabirimde 25 hat olduğunu söyler. Ne var ki, gerek PC'lerin gerekse diğer cihazların pek azı, Çizelge 2.6'de gösterilen dokuz sinyalden fazlasını destekler. Hatta bazı cihazlar yalnızca üç hattı karşılayabilmektedir. Sözü geçen 25 hattı ve fonksiyonlarını Ek 1'de bulunan tablodan inceleyebilirsiniz. İlave sinyaller senkron modemlerde, ikinci iletim kanallarında ve iki-hızlı modemlerde

iletim hızının seçiminde kullanılmak üzere geliştirilmişlerdir. Pek çoğu kullanımdan kalkmıştır.

RS-232'de yaygın olarak kullanılan 9 uç, *asenkron* bir iletişim için 3 gruba ayrılır. Bunlar data, kontrol ve elektrik hatlarıdır. Data kısmında gönderilmek istenen veri gönderilirken veya alınmak istenen veri alınırken Çizelge 2.6'da gösterilen uçlar kullanılır. Bunun yanında, bu datanın istenilen yere ulaşıp ulaşmadığının veya belirli bir düzen içerisinde haberleşmesinin sağlanabilmesi için kontrol uçları kullanılır. Elektrik hattında ise diğer uçlar gerekli olan toprak hattını belirtir. Çizelge 2.6'da sinyallerin isimleri, fonksiyonlarına karşılık gelen çağrışımsal amaçlı kısaltmalardır. Anlatımda genel olarak bu çağrışımsal kısaltmalara başvurulmuştur.

Çizelge 2.6 RS-232 hatları

Kategorisi	9-pin konnektör	25-pin konnektör	Sinyal ismi	Kısaltma
Veri	3	2	Gönderilen veri	TD
Kontrol	2	3	Alınan veri	RD
Kontrol	7	4	Veri gönderme isteği	RTS
Kontrol	8	5	Veri gönderilen hat açık	CTS
Kontrol	6	6	Veri Düzeneği Hazır	DSR
Kontrol	1	8	Veri Taşıyıcı	DCD
Kontrol	4	20	Veri Terminali hazır	DTR
Kontrol	9	22	Ring indikatör	RI
Elektrik	5	7	Sinyal Toprak	56 (GND)

Standart, terminal (PC'ler) ucuna veri terminal ekipmanı, DTE (*Data Terminal Equipment*) adını vermiştir. Terminale bağlı cihaz ise devre tamamlama ekipmanı, DCE (*Data Circuit -Terminating Equipment*) olarak adlandırılmıştır.

Aslında linkteki hangi cihazın DTE hangisinin DCE olduğu önemsizdir. İkisinin birden olması önemlidir. Tip, konnektördeki sinyallerin hangisinin giriş, hangisinin çıkış olduğunu belirler. Sinyaller DTE perspektifinden isimlendirilmiştir. Örneğin, TD bir DTE'de çıkışken, bir DCE'de giriş olur. Yine RD bir DTE'de giriş bir DCE'de çıkıştır. Birkaç istisnayla, PC seri portları DTE olarak yapılanmıştır. Cihaz yada modemlerin seri portları ise DCE olarak belirlenmiştir. Çevre birimlerin büyük çoğunluğu da DCE grubundadır.

Çizelge 2.7 RS-232 hatlarında karşılıklı gelen sinyaller

DTE *(terminal: genelde pC)*	DCE *(çevrebirim)*
TD	TD
RD	RD
RTS	RTS
CTS	CTS
DSR	DSR
DCD	DCD
DTR	DTR
RI	RI

TxD (*Transmit Data*): DTE biriminden alınan veriyi DCE birimine taşır. Bu pin, DCE birimine bir giriş oluşturur.

RxD(*Receive Data*): DCE biriminden alınan veriyi, DTE birimine taşır. DCE biriminden bir çıkış temsil eder. Buna örnek olarak, modemin kendisine dışarıdan gelen bilgiyi bilgisayara aktarmasını gösterebiliriz.

RTS(*Request to Send*): DCE birimine bir giriş temsil eder. Veri yollamak isteyen DTE birimi RTS sinyalini DCE birimine gönderir. Bunun için bilgisayar RTS seviyesini true (lojik 1) yapacaktır.

CTS(*Clear to Send*): DTE birimine bir girişi temsil eder. RTS sinyali ile bağlantılıdır. Veri göndermek isteyen DTE birimi, RTS sinyalini DCE birimine gönderir. DCE'yi bir modem olarak düşündüğümüzde, bilgisayar modeme veri göndermek istediğini bildirecek, modem eğer hat açıksa bilgisayara iletişim yolunun açık olduğunu göstermek için bu CTS sinyalini true (lojik 1) yapacaktır. Böylece iletişim gerçekleştirilebilecektir.

DCD(*Data Carrier Detect*): Bu uç, bir DCE biriminin diğer bir DCE birimi ile bağlantılı olduğunda kullanılır. Bu bağlantı genellikle telefon hatlarıdır. Bu uç DTE birimine bir haberleşmenin söz konusu olduğunu bildirir ve modem bir telefon hattıyla bir bağlantı kurduğunda kullanılır.

RI(*Ring Indicator*): Bazı modemler, bu hattı, telefon bağlantısını tamamladıklarını ve diğer uçta bulunan telefonun çaldığını bilgisayara göstermek için kullanılır.

DTR(*Data Terminal Ready*): Modeme bir girişi temsil eder. Haberleşme kanalına bağlanmasına veya bağlanmamasına neden olur. Eğer lojik 0 ise modem bağlanmamıştır.

DSR(*Data Set Ready*): Modemin haberleşme kanalına bağlandığını ve data gönderimine veya alımına hazır olduğunu lojik 1 iken bildirir.

DTR sinyalinin fonksiyonu, terminalin on (hazır) durumunda olduğunu bağlı olduğu modeme bildirmesidir. Eğer karşı taraftaki terminalde açık ise modem bunu DSR sinyali ile bildirir. Bu iki sinyal de "true" değerini almazsa data iletimi olmaz.

GND(*Signal Ground*): Bu pin DTE ve DCE için aynıdır. Veri ve *elsıkışma* sinyallerinin her ikisi için de geri dönüş yolunu oluşturur.

2.14 PC'deki Dokuz Sinyal

Çizelge 2.8 İki yollu RS-232 iletişiminde zorunlu olarak kullanılan üç sinyal

TD	Veriyi DTE'den DCE'ye taşır.
RD	Veriyi DCE'den DTE'ye taşır.
SG	Toprak sinyalidir. GND veya SGND de denilmektedir

Çizelge 2.8'de yer alan ve iki yollu RS-232 iletişiminde zorunlu olarak kullanılan bu üç sinyal dışındaki sinyaller, seçimlilik kontrol sinyalleridir ve bir cihazın iletişim anındaki durumuyla veya sinyalin mevcudiyetiyle ilgilidirler. İki çift elsıkışma sinyali vardır: DTR/DSR ile RTS/CTS. Diğer kontrol sinyallerinin ve RS-232'nin durumunu tarif etmenin çeşitli yolları vardır. Geçerli pozitif voltajlı bir sinyalin aktif durumda olduğu, açık (*on veya true*) olarak tarif edilir. Örneğin, *DTR true* iken veri terminali hazırdır. Kontrol eden cihaz, sinyali açık yapmak yani *true*'ya getirmek için hattı yükseltir. Geçerli negatif voltajlı bir sinyalin inaktif durumda oluşu ise kapalı *(off veya false)* olarak tarif edilir. *DTR* kapalı iken veri terminali hazır değildir. Sinyali kapalı yapmak için, hat, kontrol cihazı tarafından alçaltılır.

DTR/DSR elsıkışma sinyalleri, cihaza ulaşan telefon hattının ya da diğer bir iletişim kanalının durumu hakkında bilgi verme amacını taşır. Terminal, DTR (*veri terminali hazır*)'yi yükselterek modemi iletişim kanalına bağlanmaya çağırır. Buna karşılık

modem de DSR (*veri seti hazır*)' yi yükselterek bağlandığını belirtir. Cihaz kanal giremediyse örneğin bağlantı yoksa, ya da bir hata söz konusuysa, DSR sinyali false'dur.

Terminal RI zil sinyaline karşılık olarak da DTR'yi yükseltir ve cihazın çağrıyı yanıtlamasını isteyebilir. Bazı linklerde DTR ve DSR cihazların açılmasıyla yükseltilir. Böylece cihazlar birbirlerinin durumlarından haberdar olurlar.

RTS/CTS ise cihazların veri almaya hazır olup olmadıklarına ilişkin ek bilgiler içeren elsıkışma sinyalleridir. Bunların iki yaygın kullanımı vardır. Birincisi, ilk kullanım şeklidir ve tam elsıkışma sağlarlar. Terminal, veri göndermeye hazır olduğu zaman RTS (*gönderim talebi*) yollar. Buna karşılık modem, almaya hazır oldugunu gösteren CTS (gonderime açık) sinyalini yollar, iletim sona erdiğinde, terminal RTS'yi düşürür. Modem, aldığı veriyi işlemesinin ardından, CTS'yi düşürerek, bir sonraki RTS'ye yanıt vermeye hazır olduğunu belirtir. RTS sinyali *false* ise, terminal yeni bir gönderim için RTS'yi yükseltmeden önce CTS'nin *false* olmasını beklemek durumundadır.

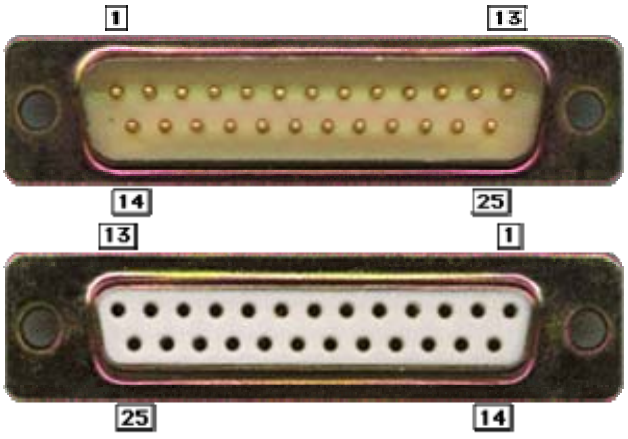
İkinci protokolde cihazlar veri göndermeye hazır olduklarını bildirmek üzere çıkışlarını serbest bir şekilde kullanırlar. CTS' in işlevi aynıdır: DCE' nin veri almaya hazır olduğunu gösterir. Fakat RTS farklıdır. Burada DTE'nin alıma hazır olduğunu belirtir. Uçlar gönderime başlamadan önce birbirlerinin sinyallerine bakarlar. TIA/EIA-232'nin son sürümü bu tanıma yer vermektedir. Bir zil sinyali iletişim kanalında olduğu zaman RI true olur. Algılanabilir bir zil sinyali mevcutsa sinyal true, zil sinyalleri arasında ara (pause) veriliyorsa false olur. Son kontrol sinyali CD (taşıyıcı algılandı) sinyalidir. Modem, telefon hattında beklediği frekansta bir sinyal aldığı zaman, CD yi yükselterek uzaktaki modemle bağlantının kurulduğunu belirtir. Tüm sinyaller tarafından kullanılan toprak sinyali ise SG'dir.

2.15 RS-232 Konnektörleri ve Kabloları

Bir RS-232 linkinde çok çeşitli konnektör tipleri, bacak konfigürasyonları ve sinyal kombinasyonları kullanılabilir. Seçenek çokluğu nedeniyle seri linklerde en sık karşılaşılan sorunlardan biri de yanlış bağlantılardır. Bu yüzden kablolar, konnektöler ve bağlantı konfigürasyonları üzerine edinilebilecek donanım bilgileri önem taşımalıdır.

2.15.1 DB-25 Bacaklı Konnektörler

Bir RS-232 bağlantısı için yaygın bir şekilde DB-25 konnektörü kullanılır. Bu konnektörde 25 tane pin mevcuttur. Orijinal RS-232 standardı tarafından tavsiye edilen bu konnektörlerin kılıfı D biçimindedir. Bu form, konnektörü takarken yanlışlık yapma ihtimalini ortadan kaldırır. İçindeki yuvalar iki sıra halindedir. DTE'nin konnektörü erkektir. DCE'ninki ise dişidir. Konnektörün bir diğer adı DB-25'tir. D, kılıfın boyutunu, 25 ise içerdiği yuva sayısıdır.



Şekil 2.5 DB-25 Konnektörler; sırayla 25 bacaklı erkek ve 25 bacaklı dişi

Şekil 2.5, RS-232 ile kullanılan 25 bacaklı erkek ve dişi konnektörleri göstermektedir. Konnektörlerin çoğunda bacak yada soket numaraları bacakların yada soketlerin yanlarına yazılır.

2.15.2 DB-9 Bacaklı Konnektörler

RS-232 standardının tavsiye ettiği DB-25 konnektörünün sahip olduğu 25 pin'in hepsi genelde kullanılmamaktadır. Kullanışlılık açısından bu 25 pin'in sayısı 9'a kadar düşürülmüştür. Bu 9 pin, yaygın bir şekilde kullanılan pinleri belirtmektedir. Son zamanlarda bir çok PC'de 9-bacaklı erkek konnektör kullanılmaktadır. Bundan sonra bazı üreticiler yer tasarrufu için bu 9 pin'li konnektörü desteklemişlerdir. Konnektörün bir diğer ismi DB-9'dur. Bu adlandırmanın sebebi ise DB-25 yerine kullanılabiliyor olmasıdır. 9 bacaklı bu konnektörler, 25 bacaklı konenktörlerin ilk dokuz bacağıyla aynı işlevi görmekle birlikte burada 2. ve 2. bacağın işlevleri yer değiştirmiştir.



Şekil 2.6 DB-9 Konnektörler; sırayla 9 bacaklı erkek ve 9 bacaklı dişi

Şekil 2.6, RS-232 ile kullanılan 9 bacaklı erkek ve dişi konnektörleri göstermektedir. Bacak yada soket numaraları, bacakların yada soketlerin yanlarında bulunmaktadır.

2.15.3 Alt A Konnektörler

Kullanım alanının kısıtlı olduğu durumlara ilişkin olarak, standart, DB-9'u değil Alt-A konnektörünü tavsiye etmektedir. Alt-A'nın 26 yuvası paralel iki sıra oluştururlar. Çevrelerinde bir D kılıfı vardır. Bacak belirlenimleri 25 yuvalıyla aynıdır. 26. nolu bacak kullanılmaz. DTE ve DCE'lerde farklılık göstermez. Kabloya daima erkek konnektör bağlanır. Dişi konnektörler cihaz üzerindedir.

2.15.4 Modüler Konnektörler

Modüler fişler ve jaklar bu grupta yer alırlar. Bunlar derli toplu, güvenilir ve ucuz parçalardır. Sekiz telden fazlası gerekmiyorsa sorunu rahatlıkla hallederler. RJ kodlarıyla bilinirler. RJ, sicilli jak (*register jack*) anlamında kullanılır. RS-232 linklerde 8-pozisyonlu konnektörler kullanılabilir. EI/TIA-561 standardı, 8 pozisyonlu bir jak için bir bacak çıkışı belirlenmiştir ve bu konnektörler DSR hariç 9 bacaklı bir arabirimdeki her şeyi içerir (Çizelge 2.9).

Çizelge 2.9 EI/TIA-561 standardı için tavsiye edilen bacak çıkışları

Pin	Sinyal
1	RI
2	CD
3	DTR
4	SG
5	RD
6	TD
7	CTS
8	RTS

2.15.5 Kablolar

RS-232 ile kullanılan kablolar, tel sayısı ve ekran tipleri itibariyle farklılıklar gösterirler. Uzun linklerde kablo boyunun tavsiye edilen limitlerde tutulması önem taşır. RS-232'nin eski versiyonları için kablo boyutunun limiti 50 feet olarak verilmektedir. Bugün de geçerli olan bu değer, 20.000 bps ve daha küçük veri hızlarında ve 50 feet'i aşmadıkça herhangi bir sorun yaratmaz. Standardın sonraki sürümlerinde bu limit bulunmaz.

2.15.6 Tel sayısı

Kablolarda kullanılacak tel sayısı linkin gereklerine uygun olmalıdır. 9 bacaklı bir D-sub için 9 telli bir kablo yeterli olacaktır. Bazı kabloların üç teli vardır ve donanım el sıkışmasını desteklemezler. 25 bacaklı bir konnektör için ise 25 telli bir kablo kullanılmalıdır.

3. MATLAB ile SERİ PORT TASARIMI

PC'lere yönelik programlama dillerinin çoğunda, seri portlarda yazma, okuma ve yapılandırmaya ilişkin kurulu fonksiyonlar bulunur. Windows'un da seri iletişime yönelik fonksiyonları vardır. Bunlar kısaca API (*Applications Programmer's Interface*) denilen bir programlayıcı için, uygulama arabiriminde bulunurlar ve API fonksiyonlarını çağırabilen her programlama dili tarafından kullanılabilirler. Bu bölümde, MATLAB'in Instrument Control Toolbox denetimi altında, bir seri bağlantının tespitine, bu linkin bilgisayar üzerinden iletişime açılabilmesine ve sinyal transferine ilişkin fonksiyonları ve bu fonksiyonlar kullanılarak düzenlenen tüm seri iletişim basamakları incelenecektir.

MATLAB, teknik hesaplamalar ve matematiksel problemlerin çözümü ve analizi için tasarlanmış bir yazılım geliştirme aracıdır. "MATrix LABoratory" kelimesinin kısaltması olan MATLAB, adında da anlaşılacağı üzere, matrisler yani diğer bir deyişle diziler ile çalışır. MATLAB ile, veri elde etme, veri analizi ve inceleme, rahat kullanılabilir arayüz, programlama ve uygulama geliştirme gibi, bir bilgisayar programcısının gerçek zamanlı iletişimde ihtiyaç duyabileceği tüm adımlar sunulabilmektedir.

Instrument Control Toolbox, MATLAB'in seri iletişim kontrolörüdür ve PC'lere uygun veri kazanım donanımlarına, sinyal giriş ve çıkışların düzenlenmesi için araçlar içerir. Ayrıca dış donanım parçalarından, MATLAB içerisine alınan ve MATLAB'dan aktarılan verilerin düzenlenmesi ve analizi için de kullanılır. Bunun temelinde, açık ve uzatılabilir MATLAB ortamı, alınan verilerin kolay bir şekilde özelleştirilebilmesi ve donanım parçalarının özelliklerinin oluşturulmasına imkan sağlamak vardır. Böyle bir denetim, seri port erişimini ve programlamayı kolaylaştırdığı gibi performansı da artırır.

Instrument Control Toolbox, MATLAB'in komut penceresinden kolaylıkla uygulanabilecek fonksiyonlar içerir. MATLAB objesi teknolojisi üzerine kurulmuş bu toolbox, dış donanımla ilişkilendirilmiş obje (port nesnesi) parçaları oluşturmak için fonksiyonlar sağlar. Bu obje parçaları da, bütün donanım işlevleri için giriş kapıları sağlar ve size kazancınızın davranışlarını kontrol etme imkanı tanır. Seri port programlama konusunda yoğunlaşacaksanız MATLAB'in Instrument Control Toolbox içeren bir sürümüne ya da başka bir kaynağın seri port denetimine ihtiyacınız olacaktır.

Çizelge 3.1 ile, Instrument Control Toolbox içerisinde bulunan ve seri iletişimin sağlanacağı bir linkin PC'ye tanıtılması, linkin, cihazların ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilmeleri ve sistemin sağlıklı iletişime izin verebilmesi için kullanılabilecek tüm fonksiyonlar, referansları ve işlevleriyle birlikte verilmektedir. Çizelgenin ilk aşamasında *serial* komutuyla yaratılan seri port nesnesi, tek bir port ve bu porta bağlı tek bir cihaz için, MATLAB'in çalışma alanında yaratılmış bir nesnedir. Çizelgenin diğer satırlarındaki komut yada fonksiyonlar, bu objeyi temel alarak işlevlerini yerine getirirler.

Çizelge 3.1 Instrument Control Toolbox'un seri fonksiyonları ve özellikleri

Seri port nesnesi	
serial	MATLAB çalışma alanında bir seri port nesnesi yaratır.
Parametrelerin ayarlanması ve atanması	
get	Seri port nesnesi üzerinden, cihazlardan gelen sinyalleri alır.
set	Seri port nesnelerinin, fonksiyonlar ve cihazlara ait parametreler ile özelleştirilmesinde kullanılır.
Durum değişikleri	
fopen	Seri port nesnesi üzerinden, PC-Cihaz bağlantısının iletişime açılmasında kullanılır.
fclose	Seri port nesnesinin PC-Cihaz arasındaki iletişimini keser.
record	Link üzerinden geçen bütün sinyaller, komut kullanıldığı andan itibaren kaydedilir.

Çizelge 3.1 Instrument Control Toolbox'un seri fonksiyonları ve özellikleri (devam)

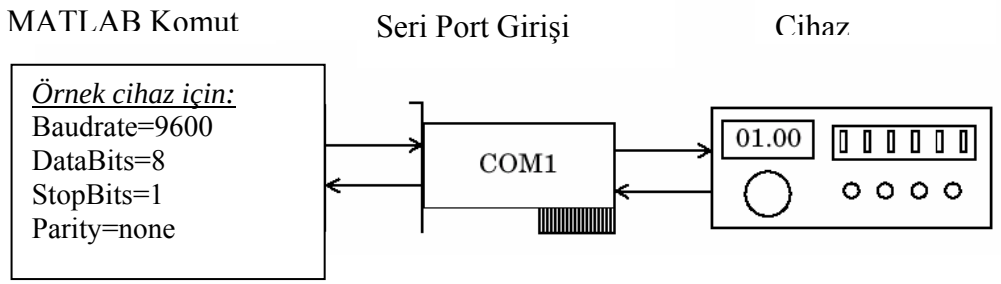
Veri alma ve gönderme	
fprintf	Cihaza metin veri gönderilir.
fscanf	Cihazdan metin veri okunur.
query	Cihaza sinyal gönderip, aradaki onayları beklemeden, cevabı okumaya geçer.
Seri Port – Elsıkışma	
serialbreak	Araverme (durdurma, kesme) sinyalini açar veya kapar.
Seri port için kullanılan fonksiyonlar	
delete	Seri port nesnesini MATLAB çalışma alanından tamamen siler.
flushinput	Alınan son verileri çalışma ortamından siler.
flushoutput	Gönderilen son verileri çalışma ortamından siler.
instrfind	Seri port nesnesinin tüm spesifik özelliklerini gösterir.
instrreset	Çalışma alanında yaratılmış tüm seri port nesnelerinin, cihazlarla iletişimini keser ve nesneleri ortamdan siler.
isvalid	Seri port nesnesinin cihazla iletişimde olup olmadığını sorgular.
obj2mfile	Seri port nesnesini *mfile* kod dosyasına çevirir.
Bilgi ve Yardım Komutları	
instrhelp	Seri port nesnesinin özelliklerini ve hakkındaki yardımları gösterir.
instrhwinfo	Ulaşılabilir donanımların bilgisini verir.
Seri port'un özellikleri	
BaudRate	Veri iletim hızının ayarlanmasını sağlar.
ByteOrder	Sinyallerin, çalışma alnında kabul edilecek ortak formatlarını belirler.
BytesAvailableFcn	Okunabilir maksimum veri adedine ulaşıldığında, bu koşullarda kullanılacak hazır bir fonksiyonu çağırır.
BytesAvailableFcn Count	Okunabilecek maksimum veri adedini belirler.
BytesToOutput	Bir defada transfer edilecek karakter adedini belirler.

Çizelge 3.1 Instrument Control Toolbox'un seri fonksiyonları ve özellikleri (devam)

DataBits	Bir defada transfer edilecek bit adedini belirler.
DataTerminalReady	Terminalin (gönderici) sinyal iletimi için durumunu sorgular.
ErrorFcn	İletimde hata olursa uyarı gönderilmesini sağlar.
InputBufferSize	Alıcı tamponunda tutulabilecek karakter adedini belirler.
Name	Seri port nesnesine isim atar.
OutputBufferSize	Verici tamponunda tutulabilecek karakter adedini belirler.
OutputEmptyFcn	Verici tamponu boşsa, burada belirlenecek bir komutun işlemesini sağlar.
Parity (Parite)	Hata belirleme mekanizmasıdır.
PinStatus	Donanımdaki pinlerin durumlarını (görevlerini) belirler.
PinStatusFcn	Pin durumlarında (görevlerinde) değişiklik olduğu taktirde, burada belirlenecek bir komutun işlemesini sağlar.
Port	Donanımda bulunan ve seri iletimde kullanılacak portun belirlenmesinde kullanılır.
ReadAsyncMode	Asenkronize veri okuma operatörünün durumunun sürekliliğini belirler.
RecordDetail	Diske kaydedilen bilgiye ulaşmakta kullanılır.
RecordMode	Kaydedilecek verilerin tek bir dosyaya yada her başlangıçta farklı dosyalara yazılmasını sağlar.
RecordName	Link üzerinden geçen sinyallerin saklanacağı dosyanın adını belirler.
RequestToSend	Sinyalin alındı cevabının açık yada kapalı olmasını ayarlar.
StopBits	Veri transferinin sona erdiğini anlatacak bit belirlenir.
Tag	Çalışma alanında yaratılan objenin etiketini belirler.
Timeout	Gelen veriyi bekleme süresini ayarlar.(saniye olarak)
TimerFcn	Bekleme zamanı aşılırsa, burada belirlenecek bir komutun işlemesini sağlar.
TimerPeriod	İki sinyal arasındaki bekleme süresini ayarlar.
Type	Objenin türünü belirler.
UserData	Obje için kullanıcı verileri belirlenir.

3.1 MATLAB ile Seri İletişim Basamakları

MATLAB programı üzerinden bilgisayarın seri portu ile sağlıklı bir iletişimin kurulabilmesi, beş adımda gerçekleşmektedir. Bundan önce, PC ile seri iletişime geçmek isteyen bir cihazın, RS-232 bağlantılarının ve cihaz ile bilgisayarın seri portu arasındaki donanımının doğru olarak kurulmuş olmasına dikkat edilmelidir. Donanım kısmı tamamlanan bir link, PC'nin hangi portuna bağlandıysa, o port üzerinden cihazla arasındaki veri köprüsünü sağlayacaktır. Bağlantıların sağlıklı olarak kurulmasının ardından, MATLAB'in çalışma penceresinden işlenecek bu beş adımla, link üzerinden, cihazla PC arasındaki her türlü hat üstünde (*on-line*) veri iletişimi gerçekleşebilecektir.



Şekil 3.1 MATLAB seri port iletişim diyagramı

MATLAB programı ve seri port arasındaki iletişimin nasıl işlediğini anlatabilmek amacıyla izlenecek adımlar, Şekil 3.1'deki diyagram temel alınarak açıklanacaktır. Diyagramda, RS-232 seri bağlantısı bulunan bir cihazın, DTE ucu, yani bilgisayarla iletişimi sağlayabilecek kısmı, PC'nin COM1 boş slot yuvasına yerleştirilmiş ve kurulan link üzerinden MATLAB'in ihtiyaç duyacağı cihaza ait seri iletişim parametreleri de diyagram üzerinde belirtilmiştir.

i) MATLABin serial komutu kullanılarak bir seri port nesnesi yaratmak

MATLAB'ın *serial* komutu, Çizelge 3.1'de bulunan ve veri iletişiminde kullanılacak parametrelerin işlenebileceği, soyut bir MATLAB objesi yaratmak amacıyla kullanılır.

Komut;

obj1=serial ('COM1')

dizilişiyle gösterilir. COM1 portu üzerinden veri akışını sağlayacak obje, *serial* komutu ile yaratılarak obj1 değişkenine atanmıştır. Komut kullanılırken dikkat edilmesi gereken nokta, parantez içerisine yazılabilecek her portun, bilgisayarın donanımında bulunması ve kullanılmıyor olması zorunluluğudur. Kullanılmak istenen port daha önce başka bir objeyle iletime açılmışsa yada kullanıldıktan sonra kapatılmadıysa, komut dizini hata verebilir yada üzerinde kurulmaya çalışılan iki iletişimi de kilitleyebilir.

Bu ilk aşama ile sağlanan, veri toplanmak istenen cihazın bağlı olduğu portun, artık *obj1* ile nesnelleştirilmesidir. Dış donanımla ilişkilendirilmiş bu objeler (port nesnesi), bütün donanım işlevleri için giriş kapıları sağlarken, portun kullanıcı için daha spesifik olarak takip edilebilmesini sağlayacaktır.

ii) Hazırlanan seri port nesnesini, "set" fonksiyonunu kullanarak cihaz için özelleştirmek

Hazırlanan seri port nesnesi, artık Çizelge 3.1'de açıklanan Instrument Control Toolbox fonksiyon ve komutları ile özelleştirilebilir. Bu komutlar, Çizelge 3.2'de gösterilen sözdizimlerine dikkat edilerek 'set' fonksiyonu üzerinden *obj1* nesnesine atanacaktır.

Şekil 3.1'de izlenen diyagram, kullanılacak cihazın 9600 *baudrate*, 8 *DataBits*, none *Parity* ve 1 *StopBits* spesifik değerlerine sahip olduğu varsayılarak hazırlanmıştır. Tüm komutlar yada atanan değerler veri iletimi için önemli olsa da, cihazla iletişimi asıl belirleyen, bu kilit değerlerin doğru olarak edinilmesine bağlıdır. Bunların dışındaki ayarlamalar, MATLAB'in seri iletişimde kullanıcının isteğine bağlı olarak da değiştirilebildiği genel RS-232 seri iletişim parametreleri olacaktır.

Çizelge 3.2 Cihaz-PC arasındaki seri iletişim parametrelerinin ayarlanması

set(obj1, 'BaudRate', 9600)
set(obj1, 'BreakInterruptFcn', '')
set(obj1, 'ByteOrder', 'littleEndian')
set(obj1, 'BytesAvailableFcn', '')
set(obj1, 'BytesAvailableFcnCount', 48)
set(obj1, 'BytesAvailableFcnMode', 'terminator')
set(obj1, 'DataBits', 8)
set(obj1, 'DataTerminalReady', 'on')
set(obj1, 'ErrorFcn', '')
set(obj1, 'InputBufferSize', 512)
set(obj1, 'Name', 'Serial-COM1')
set(obj1, 'OutputBufferSize', 512)
set(obj1, 'OutputEmptyFcn', '')
set(obj1, 'Parity', 'none')
set(obj1, 'PinStatusFcn', '')
set(obj1, 'Port', 'COM1')
set(obj1, 'ReadAsyncMode', 'continuous')
set(obj1, 'RecordDetail', 'compact')
set(obj1, 'RecordMode', 'overwrite')
set(obj1, 'RecordName', 'record.txt')
set(obj1, 'RequestToSend', 'on')
set(obj1, 'StopBits', 1)
set(obj1, 'Tag', '')
set(obj1, 'Terminator', 'LF')
set(obj1, 'Timeout', 10)
set(obj1, 'TimerFcn', '')
set(obj1, 'TimerPeriod', 1)
set(obj1, 'UserData', [])

Çizelge 3.2'de yer alan satırların, MATLAB komut penceresinden, *set* komutu kullanılarak *obj1* nesnesine atanması ile, PC ile kullanılacak cihaz arasında kurulan RS-232 bağlantısının, hat üstünde (*on-line*) veri akışına izin verebilecek bir linke dönüşmesi sağlanmış olur. İlk iki adımda gelinen nokta, *COM1* portuna bağlı bir dış donanım cihazına veri iletilebilir yada alınabilir bir linkin sağlıklı olarak kurulmuş olması ve MATLAB tarafından tüm bunların artık biliniyor olmasıdır. Sonraki adım, bu linkin cihaz ve PC arasındaki iletişime tamamen açılması olacaktır.

iii) fopen komutu kullanılarak cihazla iletişimi sağlamak

MATLAB çalışma ortamında serial fonksiyonu ile hazırlanan ve *set* komutu ile Instrument Control Toolbox'ın içerdiği fonksiyonlar kullanılarak özelleştirilen *obj1 nesnesi*, *"fopen"* komutu ile, linkin, bu nesne üzerinden gerçekleşebilecek tüm sinyal iletimine izin verecektir. Komut;

fopen(obj1)

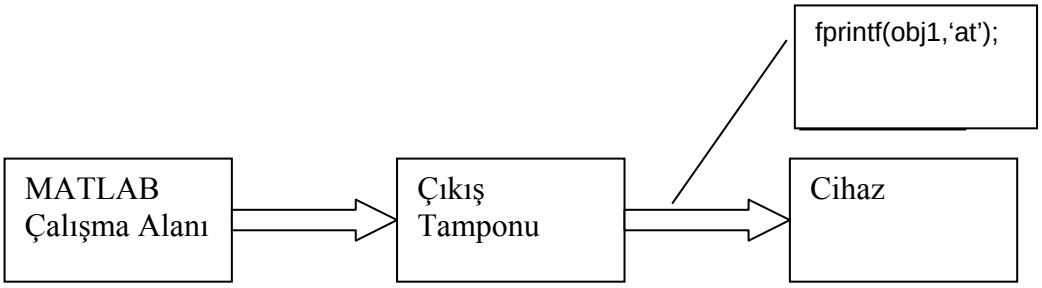
dizilişiyle gösterilir.

iv) PC'den cihaza sinyal gönderilebilmesi

MATLAB programlama dili üzerinden veri iletimine hazır hale getirilen bir linkin, yine MATLAB programlama dili aracılığıyla PC'den cihaza sinyal gönderebilmesi, *fprintf* komutu üzerinden gerçekleştirilir. Şekil 3.2, MATLAB çalışma alanı ve cihaz arasında kurulan bir cihaza gönderilen çıkış sinyalleri için akış şemasını göstermektedir. Bu akış;

fprintf(obj1,'at')

fonksiyonu üzerinden sağlanır ve cihazdan yapılması istenen işlem, *'at'* komutu içerisinde kodlanarak link üzerinden cihaza taşınır.



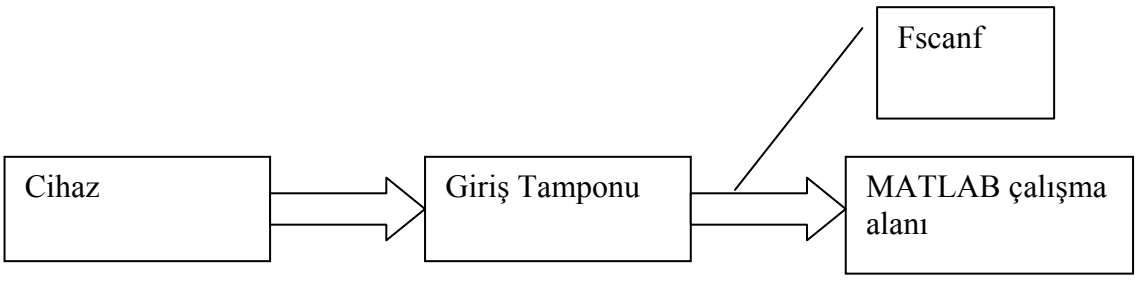
Şekil 3.2 Çıkış sinyalleri akış şeması

v) Cihazdan PC'ye sinyal gönderilmesi

İletişime hazır hale getirilen bu link üzerinden, cihazdan PC'ye sinyal taşınabilmesi *fscanf* fonksiyonu üzerinden sağlanmaktadır. Komut;

fscanf (obj1)

dizilişiyle gösterilir. Cihazdan toplanan veriler bu komut aracılığıyla MATLAB çalışma ortamına taşınır. Şekil 3.3, bir dış donanım parçasından PC'ye sinyal gönderilmesinde kullanılan akış diyagramını göstermektedir.



Şekil 3.3 Giriş sinyalleri akış şeması

İlk beş aşamayla, Şekil 3.1'de , COM1 portuna bağlı, seri parametreleri bilinen ve MATLAB komut penceresinde Instrument Control Toolbox'ın sağladığı tüm fonksiyonlarla özelleştirilmiş bir linkin, sırayla seri veri iletimine açılması, PC'den cihaza veri gönderme ve cihazdan veri alma aşamaları gerçekleştirmiştir. Hat üstünde (*on-line*) seri iletişimin tüm gerekleri izlenen bu örnek üzerinde kullanılmıştır.

İletişimin sağlandığı link kapatılmak istendiğinde, *fclose* ve *delete* fonksiyonları kullanılarak yaratılan port nesnesinin iletime kapatılması ve yaratılan objenin PC'nin belleğinden silinmesi gereklidir. Komutlar

fclose(obj1);
delete(obj1)

söz dizilimleriyle çalışırlar.

4. MATLAB İLE İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Her bilim dalı, bilimsel araştırma yaptıkları proseslerinin sınırlı bilgilerinden hareketle bir takım sonuçlar çıkarmaya çalışır. Bu sonuçların anlamlandırılması ve proseslerin etkili takibinde ise istatistiksel yöntemler uygulanır. Bu yöntemler, son yıllarda büyük bir hızla tüm bilim dallarında olduğu gibi Kimya ve Kimya Mühendisliği'ndeki araştırmalarda da kullanılır hale gelmiştir. Bu disiplin "Kemometri" olarak adlandırılmaktadır. (*Kemometri: İstatistiksel, matematiksel ve bilgisayar yöntemlerin kimyasal verilere uygulanmasıdır*).

İstatistiksel yöntemlerin veri matrisleri üzerinde kolaylıkla uygulanabilmeleri ve anlamlandırılabilmeleri amacıyla, mühendislik ve matematiksel hesaplamalara ağırlık veren programlar üzerinde yığınla kod dizilimi hazırlanmaktadır. MATLAB'in Statistical Toolbox desteği ise, çok sayıda değişkenin bir araya gelerek oluşturduğu veri demetlerini, bu kod yığınlarına girmeden anlamlı istatistiksel grafiklere dönüştürülebilmektedir. Statistical Toolbox, çok değişkenli analizin vazgeçilmez bir parçası olan Temel Bileşenler Analizi (TBA) yöntemlerini ve proseslerdeki değişkenliğin (kararsızlığın) ölçülmesi amacıyla kullanılan ve veri demetleri üzerinde etkin analiz sağlayabilen İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) tekniklerini kullanarak, değişkenler arasındaki ilişkileri ve uzun veri demetlerini anlaşılabilir ve görsel bir basitliğe indirgeyebilmektedir.

4.1 Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz

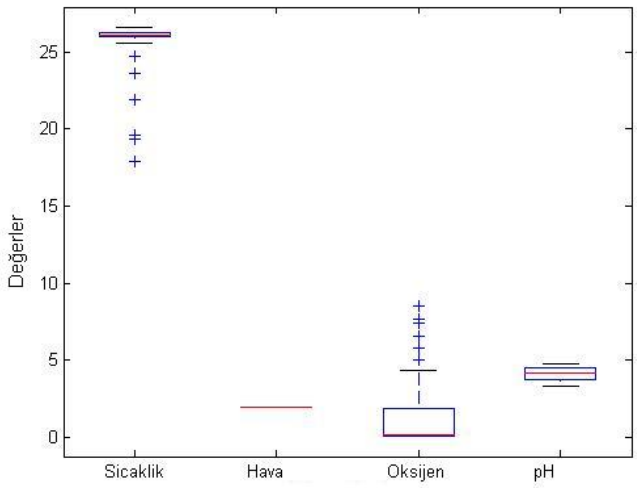
Sanayi problemlerinde veya bilimsel çalışmalarda ele alınan olaylar genellikle pek çok değişkenin etkisi altındadır. Gözleme konu olan bu değişkenlerin özellikleri de birbiriyle ilişkilidir. Yapılan çalışmaların geçerli ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için,

inceleme konusu olayların bütün yönleriyle değerlendirilmesi bir zorunluluktur. Dolayısıyla araştırmacı çok değişkenli veri analizi ile karşı karşıya kalır.

ÇDİPA, bir prosesin değişkenliğinin denetimi ve normal olmayan hareketlerin tespit edilmesi için istatistiksel tekniklerin kullanılmasını içerir (Montgomery 1997, Martin 1999). ÇDİPA ile, normal olmayan bu hareketlerin sebepleri belirlenerek ve bu sebepler ortadan kaldırılarak proses ve ürün kalitesinde gelişme sağlanır. ÇDİPA' yi alan bir proses kontrol sistemi, geleneksel hata belirlemeden hata önlemeye doğru bir gelişim gösterir ve ÇDİPA ile kontrol edilen bir üretim sürecinde son ürün analizi yerini çeşitli proses aşamalarının düzenli olarak gözlenmesine bırakır (Montgomery 1991, Does 1999).

Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz, çok sayıda değişkeni, daha az sayıdaki bileşenlerime indirgeyerek, değişkenler arasındaki karmaşık ilişkilerin yorumlanmasında kolaylık sağlayan istatistiksel yöntemleri sunar. Yöntemlerin amacı, incelenen proseslerden ölçme ve gözlem sonunda elde edilen ham verilerin ayıklanıp, boyutunun indirgenmesi ve değişken olarak da adlandırılan bu sonuçların özetlenmesi, yorumlanması ve çalışma içindeki konulara göre sınıflanmasını sağlamaktır. Bunu da, değişkenler arasındaki ilişkileri, benzerlikleri ya da ayrımları ortaya çıkararak, önemli noktaları belirgin hale getirerek gerçekleştirir ve mümkün olan en az varsayımla değişkenler doğrusal bileşenlere indirgenir.

Çok değişkenle çalışmanın en temel zorluklarından birisi, birçok boyutu gözünde canlandırabilme problemidir. MATLAB, *"boxplot"* fonksiyonu ile, bir prosesteki değişkenlerin üretim süresince bulundukları genel durumları ve değer aralıkları hakkında bilgi verebilecek temel grafiklendirmeyi sunmaktadır.



Şekil 4.1 Değişkenlerin genel dağılım grafiği

Değişkenlerin, üretim boyunca genel dağılımının özetlendiği boxplot grafiği, az sayıdaki değişkenin grafiklendirilmesinde ve görsel analizinde özet sonuçlar verebilir. Endüstriyel üretimler sırasında toplanabilecek çok sayıda değişken ve bu değişkenlere ait veri demetlerinin anlamlandırılması ise etkili istatistiksel yöntemlerle mümkün olacaktır.

4.1.1 Temel Bileşenler Analizi ve tanımlayıcı istatistikler

İstatistikte, analizi yapılan, değerlendirilen bilgilere veri (data) denmektedir. Veriler, gözlenen yada ölçülen özelliklerdir ve bu özelliklere değişken adı verilmektedir. Çok değişkenli istatistiksel analizde genellikle n satır (gözlem sayısı) ve p kolondan (değişken sayısı) oluşan, (nxp) boyutlu X veri matrisi ile ilgilenir (Çizelge 4.1). X'in elemanları x_{ij} ile gösterilirken, X matrisinin kolon vektörleri (değişkenler) $x_1,x_2,...,x_p$ ile gösterilir. Temel bileşenler analizi bu proses değişkenleri arasındaki bağıntıyı ortaya çıkarır (Wold 1987, Jackson 1991, Johnson 1999).

Çizelge 4.1 X-veri matrisi

X Veri Matrisi (*Değişkenler*)							
Gözlem No	X_1	X_2	X_3	...	X_j	...	X_p
1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	x_{1j}	...	x_{1p}
2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...	x_{2j}	...	x_{2p}
...	...	...	...	...	...	...	...
İ	x_{i1}	x_{i2}	x_{i3}	...	x_{ij}	...	x_{ip}
...	...	...	...	...	...	...	...
N	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	...	x_{nj}	...	x_{np}

Ölçümle belirtilen değişkenleri tanımlamak ve veri yapısını incelemek için birçok gösterge vardır. Dağılımın ortalaması hakkında bilgi veren aritmetik ortalama, dağılımın yaygınlığı hakkında bilgi veren standart sapma ve standart sapmanın karesi olan varyans bunların arasında en çok kullanılanlarıdır. Varyans genellikle s^2 ile gösterilirken, **standart sapma** $\sqrt{s^2}$ ile gösterilir. Örneğin Çizelge 4.1'de verilen X veri matrisinin j. değişkeni için **varyans** negatif olmayan ve

$$s_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} x_{ij})^2}{n}}{n-1} \qquad (1)$$

formülü ile verilir. Varyansın, çok değişkenli analizdeki karşılığı pxp boyutlu simetrik **varyans-kovaryans** matrisidir ve çoğunlukla $S=(s_{ij})_{pxp}$ ile gösterilir. Varyans-kovaryans matrisinde, s_{ii} yani ($i=j$) elemanları değişkene ilişkin varyansı verirken, s_{ij} yani ($i \neq j$) elemanları kovaryans değerlerini verir. P değişken için S matrisi aşağıdaki gibi olur;

$$S = \begin{bmatrix} var(x_1) & kov(x_1x_2) & kov(x_1x_3) & ..... & kov(x_1x_p) \\ kov(x_2x_1) & var(x_2) & kov(x_2x_3) & ..... & kov(x_2x_p) \\ kov(x_3x_1) & kov(x_3x_2) & var(x_3) & ..... & kov(x_3x_p) \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ kov(x_px_1) & kov(x_px_2) & kov(x_px_3) & ..... & var(x_p) \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & ..... & s_{1p} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & ..... & s_{2p} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & ..... & s_{3p} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ s_{p1} & s_{p2} & s_{p3} & ..... & s_{pp} \end{bmatrix}$$

Herhangi iki değişkenin ölçümleri arasındaki **doğrusal** ilişki ölçütlerinden biri olan kovaryans değerinin formülü X veri matrisindeki iki değişken için;

$$s_{12} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{i1} - \bar{x}_1)(x_{i2} - \bar{x}_2)}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{i1}x_{i2} - \frac{(\sum_{i=1}^{n} x_{i1})(\sum_{i=1}^{n} x_{i2})}{n}}{n-1} \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. Kovaryansın bir diğer tanımı da; "her iki değişkendeki gözlemlerin, kendi ortalamalarından farkları, çarpımının ortalamasıdır" şeklindedir.

Çok değişkenli İstatistiksel Analiz yöntemlerden biri olan Temel Bileşenler Analizi (*Principal Component Analysis*), genel olarak değişkenler arasındaki bağımlılık yapısının yok edilmesi veya boyut indirgeme amacıyla kullanılan, başlı başına bir analiz tekniğidir. Değişkenlerden birçoğunun birbiriyle bağımlı ve değişken sayısının çok fazla olması, değişkenler için çoğu zaman yapılan bağımsızlık varsayımını bozar. Ayrıca çok sayıda değişkenle çalışmak, işlem yükünü arttıracağı ve elde edilecek sonuçların yorumunda bazı güçlüklere neden olacağı için arzulanan bir durum değildir.

Temel Bileşenler Analizi sonucunda, *p* boyutlu (*değişkenli*), uzayı çok iyi tanımlayan *p* tane yeni dik değişken (*temel bileşen ya da özgül vektör*) elde edilir. Elde edilen temel bileşenlerin birimi yoktur. *p* tane değişkenin taşıdığı bilginin k tane ($k \leq p$) yeni değişkenle açıklanması ise temel bileşenlerin ana amacını oluşturur. Bu amaç doğrultusunda, p boyutlu uzaydaki toplam varyans, her biri özgül vektörlerle tanımlanan yeni değişkenlerle ifade edilir. En büyük varyans (λ_1) birinci özgül vektöre, en küçük varyans (λ_p) sonuncu özgül vektöre aittir ($\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > ... > \lambda_p$). Diğer bir deyişle, bağımsız değişkenler kümesindeki toplam değişimin büyük bir bölümü birinci özgül vektör, ondan daha küçük bir bölümü ikinci özgül vektör ve en küçük bölümü de sonuncu özgül vektör tarafından açıklanır (Kresta 1991 ve Wold 2001).

Temel bileşenlerin bulunmasında kullanılacak veri demetlerinde çoğu zaman birimler birbirinden farklıdır. Bu yüzden öncelikle veriler standartlaştırılarak aynı birime dönüştürülmesi sağlanır. Standartlaştırma işlemi, orijinal verileri ortalaması sıfır, standart sapması 1 olan yeni bir skora dönüştürmektir. Bu yeni skora, z değerleri yada standart değerler denir. Böylece veriler ölçeklenmiş, ayrıca ortalamaya dayandırılmış olup, analizlerde, ham veri matrisi yerine bu standartlaştırılmış değerler matrisi kullanılabilir (Tatlıdil, 1996). Bu dönüşüm sonucunda ortalama sıfır ($\bar{z} = 0$), standart sapma 1 olduğu için, standart değerin sayısal büyüklüğü; herhangi bir gözlemin (x_i) ortalamadan($\bar{x}$) kaç standart sapma (ss) uzakta olduğunu belirtecektir. Standartlaştırma aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{ss} \qquad (4)$$

Statistical Toolbox, ham verilerin standardize edilmesi sırasında, işlemlerden kaynaklanacak hata olasılığına karşı, çalışma penceresinden girilecek hazır fonksiyonlar yardımıyla standartlaştırma işlemini rahatlıkla gerçekleştirebilmektedir.

Bölüm içerisinde gerçekleştirilecek tüm bu dönüşümler, Ek 13'te yer alan ve tez içerisinde de ayrıntılarıyla incelenen bir ekmek mayası üretimine ait veri matrisi (*Veri1)* üzerinde açıklanacaktır. Bu veri demeti, 4 değişken ve 97 adet gözlemden oluşmaktadır. Buna göre, Statistical Toolbox;

- stdr = std(veri1);
- sr = ratings./repmat(stdr,n,1);

komut dizilişi ile, *"veri1"* söz dizimi yerine yerleştirilecek tüm veri demetlerini, boyutlarına aldırmaksızın standardize ederek *"sr"* adlı yeni bir veri matrisine atar. Böylece proses, verilerin istatistiksel analizi sırasında, farklı birimler yüzünden karşılaşabileceği hataları da ortadan kaldırabilecektir.

Verilerin standardize edilmesinin ardından, sıra, bu birimlerden arındırılmış standart verileri TBA yöntemlerinin kullanacağı temel bileşenler, skor ve varyans gibi yeni veri matrislerine dönüştürmeye gelir. Tüm bu işlemler, istatistiksel analizde yığın halinde özel bir kod demeti gerektirirken, Statistiksel Toolbox'ın sağladığı *"princomp*" fonksiyonu ile tek satırda büyük kolaylıklar getirilmiştir. P*rincomp* fonksiyonu;

- [pcs,newdata,variances,t2] = princomp(sr);

ifadesinin çalışma penceresinde girilmesi ile, standardize edilmiş veri demetinin yeni veri matrislerine atanmasını sağlayacaktır. Komut çalıştığı anda, temel bileşen analizinde hedeflenen dört farklı veri matrisi oluşur. Bunlar sırayla; "pcs" ile standardize edilmiş veri demetinin temel bileşenleri, "newdata" ile dağılım hakkında bilgi veren standart sapma değerleri, "variances" ile veri demetinin varyansı, ve "t2" ile de ortalamadaki kaymanın ifade edildiği veri matrisidir. Bu yeni veri matrisleri, yöntemin amacını oluşturan bileşenlerdir ve istatistiksel grafiklendirmelerde ve dönüşümlerde temel oluşturacaklardır.

Çizelge 4.2 Temel bileşenler (pcs)

0.0292	-0.9960	0.0378	0.0628	0.0421
0.5129	0.0303	0.2077	-0.6844	-0.4737
-0.2303	-0.0519	-0.9633	-0.1271	-0.0141
-0.6458	-0.0428	0.1648	0.0209	-0.7440
-0.5157	0.0505	0.0194	0.7149	0.4691

Temel bileşenlerin kendi transpozesiyle çarpımı, her zaman birim matrisi doğurmaktadır. Çizelge 4.2'de bulunan *Veri-1* demetine ait temel bileşenler, princomp fonksiyonu ile bulunmuş ve *pcs* değişkenine atanmıştı. Bu temel bileşenler matrisi, kendi transpozesiyle çarpıldığında, Çizelge 4.3'de bulunan birim matrisi oluşmaktadır. Bu sonuç, *princomp* fonksiyonu ile bulunan temel bileşenlerin doğruluğunu ispatlamaktadır.

Çizelge 4.3 Birim matris(I=pcs'*pcs)

1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	1.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
0.0000	-0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

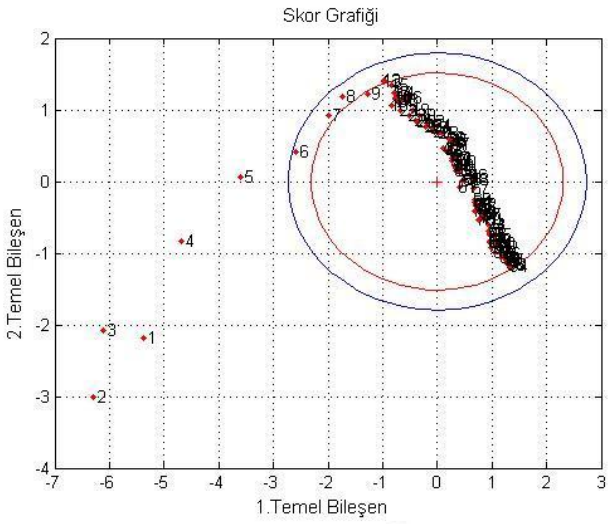
4.1.2 Skor grafikleri

Skor grafiği, *"princomp"* fonksiyonu ile oluşmuş *"newdata"* skor matrisini temel alarak, üretimler sırasında oluşan hatalı gözlemlerin bulunabilmesini hedeflemektedir.

Bu matris, *Veri-1* maya üretimine ait gözlemlerin standart sapma değerlerini içermektedir. Skor matrisi ile gözlem değerlerinin hangilerinin aykırı kaldığı bulunur. MATLAB;

```
plot(newdata(:,1),newdata(:,2),'+')
xlabel('1st Principal Component')
ylabel('2nd Principal Component')
```

ifadelerinin çalışma penceresinde hazırlanması ile Şekil 4.2 skor grafiğini oluşturur. Bu skor grafiği, *Veri-1* demetine ait *newdata* standart sapma değerlerinin, *pcs* ile bulunan birinci ve ikinci temel bileşenleri üzerinden çizdirilmiştir. Grafiğin kontrol limitlerinin dışındaki her bir gözlem, üretimin aykırı gözlemlerini sunmaktadır.



Şekil 4.2 Veri-1 kesikli maya üretimine ait skor grafiği

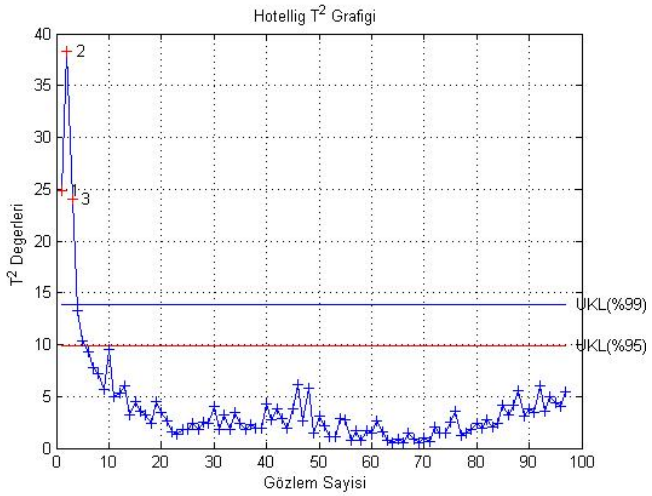
4.1.3 Hotelling T^2

Hotelling T^2 yöntemi, proses değişkenlerinin kendi ortalama değerlerinden veya normal işletme koşullarından sapmalarını belirler. Statistical Toolbox'ın "princomp" komutu ile sağlanan son veri demeti, "t2", Hotelling T^2 yönteminde kullanılan veri matrisidir. Herhangi bir zamandaki T^2 değerinin güvenlik sınırlarının üstünde olması, söz konusu

zamandaki ölçümlerin, bu modellerle tanımlanan normal işletme koşullarından uzak olduğunu gösterir. Grafiğin kontrol limitleri;

$$\text{ÜKL}=\frac{(p)(n+1)(n-1)}{(n)(n-p)}\times F_{0.95,0.99} \qquad (5)$$

formülünden bulunur. Daha önce olduğu gibi, "n" ölçüm sayısını, "p" de değişken sayısını göstermektedir. Formülde buluna F değerleri ise, n ve p değerleri dikkate alınarak, 0.01 (%99) ve 0.5 (%95) önemlilik derecelerinde hazırlanmış, Ek 2 ve EK 3'te yer alan dağılım tablolarından bulunur.



Şekil 4.3 Veri-1 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği

Hotelling T^2 grafiği üzerinden hatalı gözlemlerin belirlenebilmesinin yanında, yöntemin sunduğu ikinci bir alternatif, yazılım tarafından hazırlanacak kodlarla aykırı gözlemlerin sayısal olarak ta ortaya çıkarabilmesidir. RT-SPAC programı, *t2* matrisi ile ifade edilen ortalamadaki kayma değerlerini sıralayarak, aykırı gözlemleri ifade eden en belirgin ilk 5 ölçümü arayüzüne yansıtabilmektedir. Bu değerler;

- *[st2, index] = sort(t2);*
- *st2 = flipud(st2);*
- *index = flipud(index);*
- *extreme = index(5)*

dizilimi ile bulunur. T^2 veri demeti, *sort* ve *flipud* komutları ile st2 değişkenine atanarak, değerler azalan sırada kaydedilir. Böylece, ortalamadan büyük oranda sapan noktalar, st2 değişkeninin ilk hücrelerine yerleşerek, buradan da istenilen sayıda aykırı gözlem numarasına sayısal olarak ulaşılabilir.

4.2 İstatistiksel Proses Kontrol

Günümüzde, serbest piyasa ekonomisi nedeniyle firmalar arasında yaşanan katı rekabet şartları, üreticileri minimum maliyetle yüksek kalitede ürün üretmeye zorlamaktadır. Üretimdeki temel amaç, satılabilir nitelikteki kaliteli ürünler olduğundan, ürün kalitesinin tüketicinin veya alıcının kararını etkilemede giderek öneme sahip olduğu açıktır. Bu gelişme, firmaları "kalite güvence sistemi"ni kurarak rekabet ortamında kendini sürekli geliştirme ve ürün kalitesini sürekli iyileştirme yollarını aramaya zorlamıştır.

Sürekli iyileştirme felsefesine sahip bir firmada, üretilen ürünün miktarı değil, üretilen ürünün ne kadarının uygun veya kullanışlı olduğu birinci dereceden önem taşır. Bu düşünce kalite kontrolü literatüründe "kullanım uygunluğu" olarak adlandırılır.

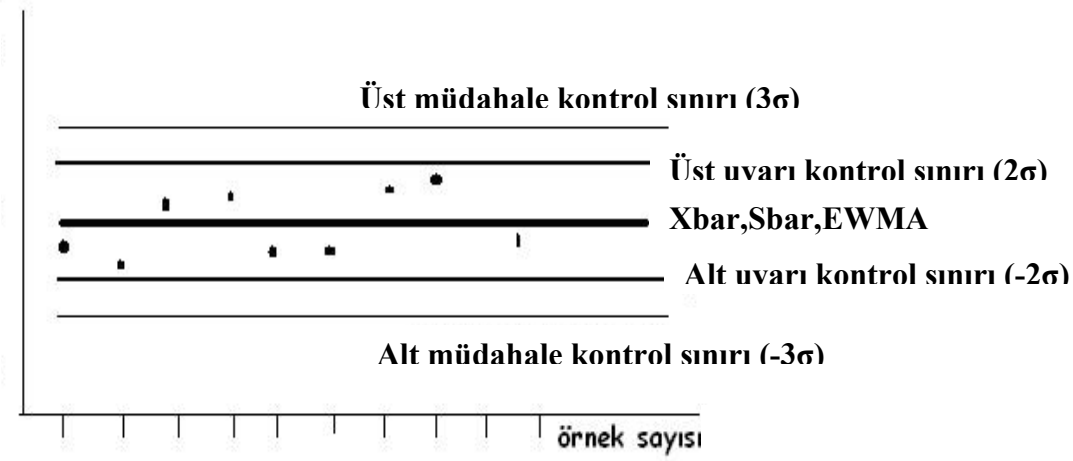
Bir firmada üretilen tüm ürünlerin özellik (nitelik) ve ölçüm değerleri bakımından birbirinin tamamen aynı olması mümkün değildir. Bu durum, kalite düzeyinin üründen ürüne "farklılık" gösterdiği anlamına gelir. Önemli olan nokta, bu değişimin belirli bir tolerans seviyesinin dışına çıkmaması, ürünün işlevselliğini etkilememesi ve tüketicilerin beklenti ve ihtiyaçlarını karşılamada kabul edilebilir bir kalite düzeyinde olmasıdır. Bu da bir prosesi sürekli denetlemek ve prosesteki değişkenliği (kararsızlığı) yaratan koşulları belirlemekte kullanılan İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) metodları ile sağlanabilir. İPK, kalite ölçümü için ardışık, düzenli zaman aralıklarında toplanmış ve

çoğunlukla küçük yığınlardaki birimlerden oluşan istatistiksel örneklemeyi zorunlu kılmaktadır.

İPK metodolojisinde **istatistik**, bir bütünün tamamını kontrol etmek yerine bütünden örnekler alarak sonuçlara göre bütün hakkında tahminde bulunmak için kullanılan araçları ifade eder. **Proses**, bir ürün veya hizmetin önceden belirlenen nitelikte elde edilebilmesi için kullanılan makine, alet, metot, malzeme ve insan gücünün bütününü içerir. **Kontrol**, prosesteki verilerin ölçümünde ve analizinde istatistiksel tekniklerin uygulanması anlamını taşır. **Değişkenlik**, kısaca gerçek değerden sapmalar olarak tanımlanır. Bütün prosesler, makine, takım, malzeme, operatör, bakım ve çevre koşullarından kaynaklanan değişime uğrarlar.

İstatistiksel Proses Kontrol grafikleri, proseslerden elde edilen ürünlerin ölçülebilir özelliklerine göre değişimlerinin araştırılmasını sağlar. Oluşturulan kontrol grafiğinin üzerindeki noktaların konumu incelenir ve buna göre yorum yapılır. Örneğin, kontrol sınırlarının altında veya üzerinde bir noktanın olması durumu, prosesin "kontrol dışında" olduğu anlamına gelir. Kontrol grafiği üzerinde işaretlenen bütün noktaların, kontrol sınırlarının içinde yer alması ve orta çizginin etrafında rastlantısal olarak dağılması durumunda, prosesin istatistiksel olarak "kontrolde", "kontrol altında" veya "istatistiksel dengede" olduğu söylenir. Bu grafikler, bir ürünün ölçümleri veya prosesin zamana göre kaydını gösteren, üzerinde istatistiksel kontrol limitleri olan çizgi grafiklerdir. Kontrol grafiğinin üzerinde işaretlenmiş noktalar bir karakteristiğin gerçek ölçümleri veya zaman içerisinde üretildikçe alınan parça örneklerinden özet istatistikler olabilir. X bar, S ve EWMA kontrol grafikleri, İPK yöntemleri olarak bilinen istatistiksel kontrol grafikleridir. Xbar ve EWMA yöntemleri, temelde ortalama değerlerden farklılıkları veya değişkenliklerdeki artışı tetkik etmek amacına yöneliktir. Daha duyarlı bir grafik olan S grafiği ise, kalite kontrolü yapılacak örneklerin standart sapmalarına dayanır.

İPK grafikleri, merkez çizgi (*centerline*), alt ve üst utarı kontrol sınırları ve alt ve üst müdahale kontrol sınırlarına sahiptirler. Merkez çizgi, grafiklendirmenin temel aldığı ölçüme göre, Xbar ve EWMA grafikleri için ortalama değerlerin ortalaması, yada S grafiği için standart sapma değerlerinin ortalamasıdır. Sınırlar, ±3σ mesafesi için müdahale kontrol limitlerini, ±2σ mesafesi içinde uyarı kontrol limitlerini oluştururlar. Sigma (σ), gözlemlere ait standart sapma değeridir.



Şekil 4.4 İPK grafikleri genel gösterimi

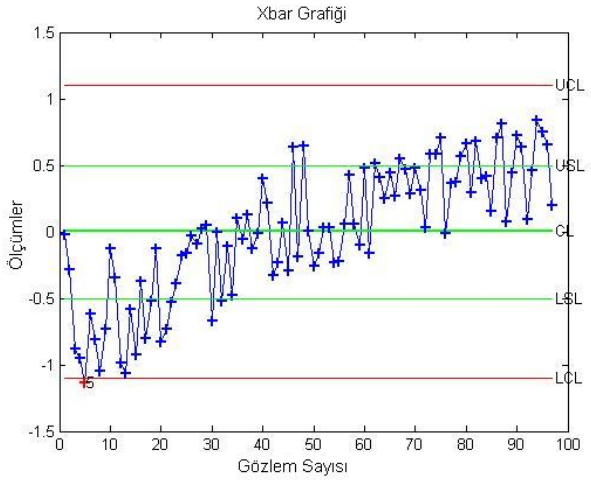
4.2.1 Xbar grafikleri

Xbar grafikleri, bir prosesten düzenli aralıklarla alınan veri demeti için, basitleştirilmiş bir ortalama değer grafiğidir. Bu yöntem, kendisine sağlanan tüm veri demetleri üzerinde, -0.5 ve +0.5 ölçüm aralığı (uyarı kontrol sınırları) ve tüm veriler dikkate alınarak hesaplanan % 99 alt ve üst kontrol limitleri (müdahale kontrol sınırı, ~3σ) üzerinden grafiklendirme yapılmasını sağlamaktadır. Bu grafiklendirme ile, tüm veri demeti içerisinde, diğerlerine göre grafiğin belirlediği genel limitlerin altında ve üstünde kalan aykırı değerlerin gözlemsel olarak rahatlıkla belirlenmesi sağlanmaktadır (Şekil 4.5).

Xbar grafiği üzerinde, her bir örneğe karşılık hesaplanan ortalama değerler, nokta şeklinde işaretlenmiştir. Bu grafiklendirme ile tüm veri demeti içerisinde diğerlerine göre grafiğin belirlediği genel limitlerin altında ve üstünde kalan aykırı değerlerin gözlemsel olarak rahatlıkla belirlenmesi sağlanmaktadır. Statistical Toolbox'ın İPK yöntemlerinden Xbar grafiği;

```
conf = 0.99;
spec = [-0.5 0.5];
xbarplot(Veri1,conf,spec)
```

ifadesinin çalışma penceresinde girilmesiyle sağlanacaktır (Şekil 4.5). *conf = 0.99* ifadesi, emniyet limitleri için tahmin edilen 3σ'lık standart sapma değerine karşılık gelmektedir.



Şekil 4.5 Veri-1 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği

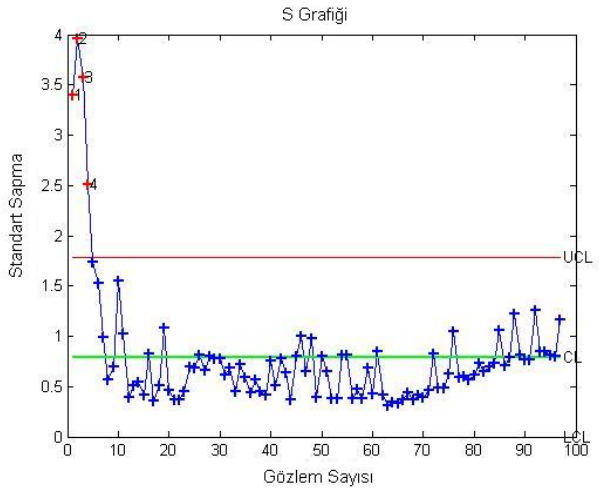
4.2.2 S grafikleri

MATLAB'in istatistiksel proses kontrol yöntemlerinden olan S grafikleri, bir prosesten düzenli aralıklarla alınan verilere ait standart sapma değerlerini kullanmaktadır. S grafiklerinin kendi belirlediği sınırların üzerinde görülecek aykırı değerler, aslında her

bir ölçümün standart sapmaları arasındaki aykırılık gösteren değerlere ait olacaktır (Şekil 4.6). Statistical Toolbox'ın S grafiği;

schart(veri1)

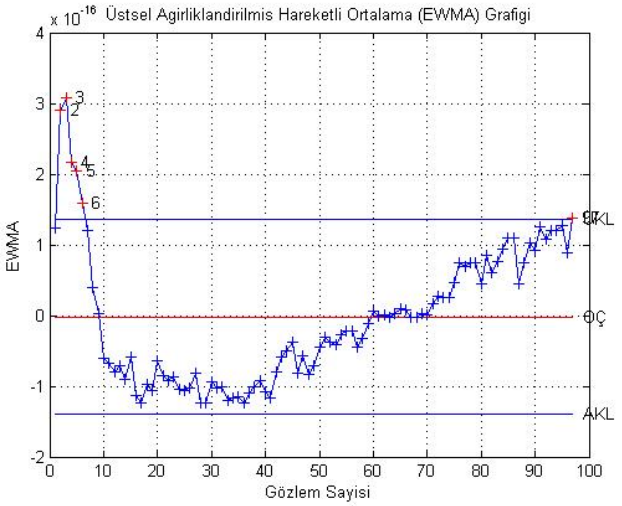
ifadesinin çalışma penceresinde girilmesiyle sağlanır. "*Schart" fonksiyonu,* emniyet limitleri için tahmin edilen 3σ'lık standart sapma değerlerini kullanarak müdahale ve uyarı kontrol limitlerini belirlemektedirler.



Şekil 4.6 Veri-1 kesikli maya üretimine ait S grafiği

4.2.3 EWMA grafikleri

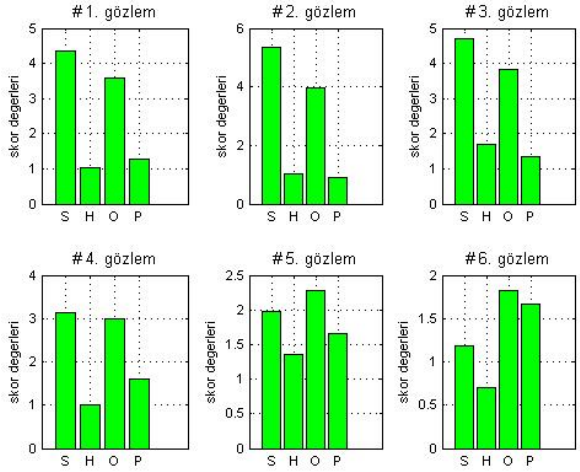
EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) grafikleri, proses ortalamasındaki değişmelere duyarlı, üstel-ağırlıklı ortalamayla çizdirilen başka bir istatistiksel analiz grafiğidir. EWMA grafikleri, Xbar grafikleri ile büyük oranda benzerlikler gösterirler. Bunun sebebi, iki yönteminde veri matrisi olarak, ortalama değerlerleri kullanıyor olmalarıdır. Yöntem, kendisine sağlanan tüm veri demetleri üzerinde, -0.5 ve +0.5 ölçüm aralığı (uyarı kontrol sınırları) üzerinden grafiklendirme yapılmasını sağlamaktadır. Bu grafiklendirme, tüm veri demeti içerisinde, grafiğin belirlediği genel limitlerin altında ve üstünde kalan aykırı değerlerin belirlenmesi sağlanmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Veri-1 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği

4.3 Katkıya Dayalı Tanı

Proses değişkenlerinin normal işletme koşullarından sapma değerleri dikkate alınarak çizilen katkı grafikleri, aykırı gözlemlerin istatistiksel grafiklerle bulunması sonrasında, bu gözlemler için düzensizliğe neden olan değişken / değişkenlerin bulunmasında kullanılır (Willer ve arkadaşları (1995)). Katkı grafikleri, temel olarak, kontrol dışı kalan gözlemin skor değerleri ele alınarak çizilen çubuk grafikleridir.



Şekil 4.8 Veri-1 kesikli maya üretimine ait katkı grafikleri
(S-(Sıcaklık), H-(Hava Beslemesi), O-(Çözünmüş Oksijen), P-(pH))

5. EKMEK MAYASI ÜRETİMİ DENEY SİSTEMİ

Mayalar, mikroorganizma ailesine mensup, çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük ve tek hücreli canlılardır. Maya ile ilgili ilk bilimsel çalışmaların başlaması, Hollandalı Antoine van Leeuwenhoek'un mikroskobu keşfettiği yıllara dayanır. Ancak kaşif, o zamanlar, aralarında mayaların da bulunduğu mikro organizmaları "hayvancıklar" adı altında toplamaktan ileri gidememiştir. Araştırmaların gelişmesiyle, birada mevcut olan organizmaların, tomurcuklanma yoluyla üreyen ve alkolün oluşmasına yardımcı olan canlı bitkiler olduğunun anlaşılması için 1837 yılını beklemek gerekecektir. Pasteur, mayalanmaya canlı organizmaların neden olduğunu ve bu dönüşümden sorumlu ajanların mayanın hücresinde bulunduğunu kanıtlamıştır. Pasteur, daha sonra, mayanın oksijensiz ortamlarda da yaşayabildiğini, oksijenli ortamda çoğaldığını, oksijensiz ortamda ise mayalanmaya neden olduğunu kanıtlamıştır. Maya hücreleri yuvarlak veya oval şeklinde olup, boyutları 2-3 µm ile 20-50 µm arasında değişir ve 1 gram yaş maya yaklaşık on milyar hücre içerir (Şekil 5.1).

5.1 Ekmek Mayası



Şekil 5.1 Ekmek mayası hücreleri

Ekmek yapımında kullanılan maya türü Saccharomyces Cerevisiae'dır. Bu maya türü ekmek yapımı ve etil alkol üretiminde oldukça fazla kullanılan endüstriyel bir mikroorganizmadır. Uygun pH ve sıcaklıkta, gerekli besinleri içeren sıvı ortama bir miktar aktif maya (biokütle) aşılanırsa, biokütle üremeye başlar. Bu aşamada biokütle tarafından çevredeki besinler tüketilir ve biokütlenin ortamdaki derişimi artar.

Diğer canlı türlerinde olduğu gibi ekmek mayası da gelişmeleri için öncelikle belirli besin maddelerine, ortam sıcaklığına ve suya gerek duyarlar. Bu besi ortamını hazırlamada kullanılan su serbest halde bulunan maddelerin çözünür halde kalmasını ve aktarımını sağlamaktadır. Ayrıca kullanılacak suyun destilasyon veya deiyonizasyon ile taze hazırlanmış olması, başta bakır olmak üzere toksik metallerden arındırılmış olması gerekir. Bunların dışında ortamın asitliği ve oksijen durumu da önemlidir.

Mikroorganizmalar genel olarak nötr ve nötre yakın pH 'larda iyi gelişirler. Bununla beraber bazı mikroorganizmalar alkali pH 'ları yeğlerken bazıları (örneğin mayalar, küfler, asidofilik bakteriler) asidik ortamları severler. Optimum ortam asitliğinin altında ve üstündeki asitliklerde gelişme azalır, giderek durur ve nihayet ölümler görülür. Bir besi ortamında elden geldiğince çok sayıda mikroorganizma geliştirilmesi isteniyorsa, pH nötre yakın değerde olmalı, tersine olarak geliştirilmesi istenen mikroorganizma yüksek asitliğe veya yüksek alkaliliğe dirençli ise besi ortamının pH'sı bu mikroorganizmanın gelişebileceği pH 'ya ayarlanmalıdır.

Maya hücresi gelişebilmesi için gerek duyduğu besini ve enerjiyi şekerlerden sağlar. Temel gereksinimlerinden bir diğeri de oksijendir. Mayanın uygun besi ortamında havalı koşullarda üremesiyle ortamda karbondioksit ve su oluşur. Havasız ortamda ise etil alkol ve karbondioksit gelişimi olur. Eğer ortamda yeterli oksijen yoksa maya etanol üreterek çoğalmaya devam eder. Mayanın istenilen şekilde üretilebilmesi için ortamdaki oksijen aktarımının iyi, etanol oluşumunun az olması gerekmektedir.

Her canlı türü gibi mikroorganizmaların da gelişebildikleri bir ideal (optimum) sıcaklık derecesi vardır. Bu sıcaklık derecesinde mikroorganizma en aktif, en dayanıklı, en çabuk gelişme gösterir konumdadır. İdeal olan bu sıcaklıktan aşağıya doğru inildikçe aktivitede, dayanıklılıkta ve çoğalma hızında azalma olmaya başlar. Nihayet en az (minimum) olarak tarif edilen bir sıcaklık derecesi gelişmenin görülebildiği sınır noktadır. Optimum olarak tarif edilen sıcaklıktan bu kez yukarıya çıkıldıkça yine aktivitede, dayanıklılıkta ve gelişme hızında azalma olur ve daha da yükseltildiğinde mikroorganizmalar ölmeye başlar. Mikroorganizmaların yaşamaları için gerekli sıcaklık değerleri çok değişiktir. Mayaların gelişme ve çoğalmaları genellikle 0-45 ^{o}C arasında olmaktadır. Yüksek sıcaklık, zehirli metabolik artıkların artmasına ve mayanın hücre bölünmesini hızlandırarak, hücre yapısının bozulmasına yol açabilir.

Biyokimyasal tepkimelerin gerçekleştirildiği ortamlarda dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, üretimin gerçekleştirileceği ortamın öncelikle tüm mikroorganizmalardan tamamen arındırılması gerekliliğidir. Sterilizasyon, yaygın olarak ısıl işlem uygulaması ile yapılır. Işıl işlem, özel olarak aksine bir uyarı yoksa otoklavda ve 121 ^{o}C'da yapılır ve ısıl işlem uygulama süresi çoğunlukla 20 dakika olarak verilir. Sterilizasyonun amacı dehidre besi ortamı, besi ortamı katkıları, cam malzeme, tartım ekipmanı, su, pamuk vb. 'den gelebilecek tüm mikroorganizmaları öldürmektir. Böylece besi ortamında gelişen mikroorganizma, çalışma özelliğine göre örnekten/ana kültürden gelmiş olacaktır. Sterilizasyon basit olarak bir materyaldeki her türlü mikroorganizmanın uzaklaştırılması, materyalin tümüyle mikroorganizmalardan arı hale getirilmesi olarak tanımlanabilir.

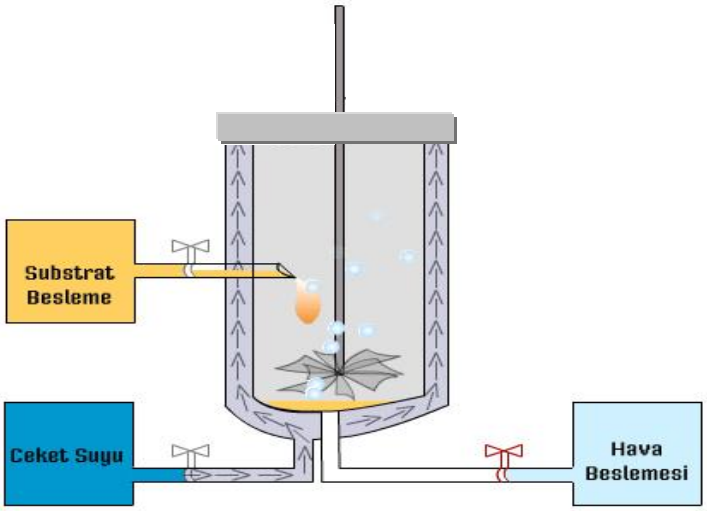
5.2 Laboratuar Ölçekli Deney Sistemi

Deneysel çalışmalarda maya üretimi için kullanılan reaktör, 3 L hacminde, silindir şeklinde olup pyrex camdan yapılmış soğutma ceketli bir biyoreaktördür. Karışmayı sağlamak için yaptırılan pervaneli karıştırıcının arızalanması nedeniyle karışma

biyoreaktörün altına yerleştirilen manyetik karıştırıcı ile sağlanmaktadır. Biyoreaktörün camdan yapılmış kapağı üzerinde pH metre, çözünmüş oksijen metre, besleme hattı, numune alma hattı, hava giriş ve çıkışı ve karıştırıcı girişleri için uygun bağlantılar bulunmaktadır.

Hava, kuru hava tüpünden sağlanmakta ve hızı, kütle akış ölçer ve kontrol edici ile sağlanmaktadır. Tüpten çıkan hava filtreden geçirildikten sonra biyorektörün alt kısmından bir dağıtıcı yardımıyla ortama gönderilmektedir.

Reaktör ceketli olup, üzerinde su giriş ve çıkışı yeralmaktadır. Su cekete alt kısımdan girmekte ve ceketi üst kısımdan terk etmektedir. Su, sıcaklığı ayarlanabilir bir banyodan peristaltik pompa ile çekilmekte ve yine aynı banyoya geri beslenmektedir.



Şekil 5.2 Biyoreaktör

5.3 Besi Ortamları ve Mikroorganizma Kültürünün Çoğaltılması

Çalışmalarda, liyofilize haldeki *S. cerevisiae* NRRL Y-567 mikroorganizması kullanılmıştır. Liyofilizasyon ile kurutulmuş olarak derin dondurucuda saklanan mikroorganizma öncelikle canlandırma ortamında çoğaltılmıştır. Canlandırma ortamı, % 0.3 maya özütü, % 0.3 malt özütü, % 1 glikoz, % 0.5 pepton içeren karışımın 10 ml saf su içinde homojen olarak çözdürüldükten sonra berrak bir görünüm alıncaya kadar kaynatılması ile elde edilir. Ağzı mikrobiyolojik hava filtresi ile kapatılmış tüpe 1 ml konulan ortam, 121 ^{o}C ve 1.2 atm basınçta 20 dakika doygun buharla sterillenmiştir. Canlandırma ortamının mikroorganizma açılmadan çok kısa bir süre önce hazırlanmasına dikkat edilmiştir. Mikroorganizma steril odada alev yanında 1 ml'lik canlandırma ortamına aktarılarak çalkalama ile homojen bir süspansiyon elde edilmiş ve daha sonra 10 ml'lik sıvı besi ortamına aktarılmış ve 30 ^{o}C'da 24 saat süreyle 200 vuruş/dk. karıştırma hızında çalışan orbital çalkalayıcıda çoğaltılmıştır.

Mikroorganizmaların gelişme ve üremesi için gerekli besinleri ve uygun koşulları içeren ortama besi ortamı denir. Mikroorganizmaların gelişme ve üremeleri için besin olarak bol miktarda azotlu ve karbonlu organik maddeler kullanılır. Fakat bunların dışında; belli oranda fosfor, kükürt içeren organik ya da inorganik maddeler ile magnezyum, sodyum, potasyum, kalsiyum ve başka iz elementlere de ihtiyaç vardır. Genellikle karbonlu maddeler, hem enerji kaynağı hem de besin kaynağı olmak üzere iki farklı şekilde kullanılır. Mikroorganizmalar için hazırlanacak besi ortamının bileşimi, belirli bir mikroorganizmanın gelişmesi, üremesi ve fizyolojik yaşamlarını sürdürmeye yetecek miktarda gerekli maddeleri içermesi gerekmektedir.

Sıvı besi ortamı bileşimi Çizelge 5.1'de verilmiştir. Besi ortamını oluşturan maddeler glukoz çözeltisi ve tuz çözeltisi ayrı şekilde hazırlanmış ve homojen hale gelinceye kadar magnetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra pH'ı % 15 seyreltik asit ile 5'e ayarlanmıştır. Daha sonra 121 ^{o}C ve 1.2 atm basınçta 20 dakika doygun buharla

sterillenmiştir. 10 ml'lik çoğalmış besi ortamı 100 ml'lik yeni besi ortamına aktarılmış ve 30 ^{o}C'da 24 saat süreyle 200 vuruş/dk. karıştırma hızında çalışan orbital çalkalayıcıda çoğaltılmıştır. Yeni çoğalan ortamdan 10 ml alınarak 1/10 oranında olmak üzere 100 ml'lik yeni besi ortamına aktarma yapılır. Böylece son aktarma aşaması gerçekleştirilmiş olur. Bu aşamadan sonra mikroorganizma haftada bir kez 100 ml'lik sıvı besi ortamına 1/10 oranında olacak şekilde aktarılır ve 1 gün süre ile çoğalmaya bırakılır. Bu şekilde mikroorganizmanın canlı kalması sağlanır.

Çizelge 5.1 Saccharomyces Cerevisiae mayası besi ortamı bileşimi

MADDE	DERİŞİM (g/L)
Glukoz	20
Maya Özütü	6
K_2HPO_4	3
$(NH_4)_2SO_4$	3.35
NaH_2PO_4	3.76
$MgSO_4.7H_2O$	0.52
$CaCl_5.4H_2O$	0.017
Köpük kırıcı	0.2 ml

5.4 Sterilizasyon

5.4.1 Otoklav sterilizasyonu

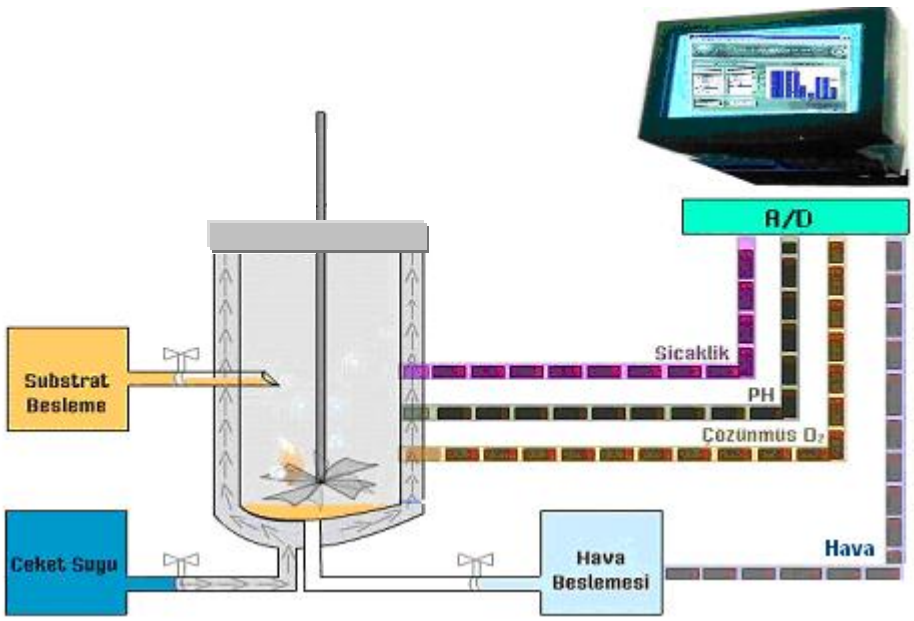
Maya için gerekli olan sıvı besi ortamının sterillenmesi amacıyla otoklav kullanılmıştır. Otoklavdaki sterilizasyon 121 ^{o}C ve 1.2 atm'de 20 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışma içerisinde kullanılan cam malzemeler ve reaktörün yıkanması için gerekli olan suyun sterilizasyon işlemleri de yukarıda verilen şartlarda otoklavda yapılmıştır.

5.4.2 Kimyasal sterilizasyon

Biyoreaktör ve içerisindeki ekipmanların sterilizasyonu amacıyla % 70'lik pH=2 olan etil alkol çözeltisi kullanılmıştır. Biyoreaktör ve ilgili ekipmanlar yerine yerleştirildikten sonra dışarıya açık bölümleri steril pamuk ile kapatılmış ve peristaltik pompa kullanılarak % 70'lik pH=2 olan etil alkol çözeltisi biyoreaktöre doldurulmuştur. 2 saat biyoreaktör bu şekilde sterillenmeye bırakılmış ve bu süre sonunda etil alkol çözeltisi biyoreaktörden boşaltılmıştır. Bu işlemden sonra otoklavda sterillenen su ile biyoreaktör ve ekipmanları yıkanmıştır.

5. 5 On-Line Cihazlar ve Bilgisayar Bağlantıları

Maya fermantasyonu sisteminin gerçek zamanlı takibi için, verilerin aktarılacağı bilgisayar ile proses arasına yerleştirilecek sensörlerin öncelikle sistem-bilgisayar bağlantıları gerçekleştirilmelidir. Laboratuar ölçekli ekmek mayası üretim reaktöründe, bu bağlantılar üzerinden takip edilecek değişkenler, sırayla, besi ortamına beslenen havanın giriş hızı, besi ortamının sıcaklığı, çözünmüş oksijen değerleri ve pH değişimleridir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Fermantasyon sürecinde izlenen değişkenler

Ölçümlerde kullanılacak sensörler, RS-232 türü seri veri iletişimi kullanabilen 9 pinli konnektörlere ve bağlantı kablolarına sahiptirler. Genel olarak, bilgisayar kasalarında bu iletimi kabul eden yalnız iki tane seri yol yuvası bulunsa da, üretimler sırasında bundan daha fazla değişkenin takibi hedeflendiğinden, yuva sayıları seri yol çoğaltıcı kablolarla istenildiği kadar genişletilebilmektedir.

Bölüm içerisinde, maya üretimleri sırasında hedeflenen temel ölçümleri seri veri yolları üzerinden ana bilgisayara iletebilecek cihazlar ve bu cihazların bilgisayar bağlantılarının kurulabilmesi için izlenecek adımlara yer verilmiştir. Kullanılacak cihazlar için beş farklı seri veri yoluna ihtiyaç duyulacağından, öncelikle standart olarak her bilgisayarda iki tane bulunan seri port girişini en az beş girişe kadar büyütebilen seri yol çoğaltıcı bir kablo, bilgisayarın donanım kısmına eklenmelidir. Böylece biyoreaktöre eklenen yada eklenebilecek sensörler, tek bir bilgisayarda toplanabilecek ve sinyaller gerçek zamanlı ve anlık olarak kaydedilebilecektir. Bu seri yol çoğaltıcı kablolar, kolaylıkla bulunabilen, standart ve karmaşık olmayan ek donanım parçalarıdır.

5.5.1 Consort P-902 dijital pH metre

Bir besi ortamında elden geldiğince çok sayıda mikroorganizma geliştirilmesi isteniyorsa pH nötre yakın değerde olmalı, tersine olarak geliştirilmesi istenen mikroorganizma yüksek asitliğe veya yüksek alkaliliğe dirençli ise, besi ortamının pH'sı bu mikroorganizmanın gelişebileceği pH değerine ayarlanmalıdır. Optimum ortam asitliğinin altında ve üstündeki asitliklerde bu gelişme azalır, giderek durur ve nihayet ölümler görülür. Bu yüzden besi ortamının pH değerlerinin dikkatli takibi, üretim kalitesini de beraberinde getirecektir.

Fermantasyon ortamındaki pH değişimini takip edebilmek amacıyla kullanılacak cihaz, Consort marka P-902 dijital pH ölçerdir. Cihaz, içinde bulunduğu ortamın pH

değişimlerini algılayan bir sensör ucu ve cihazın bilgisayarla bağlantısının kurulabileceği 9 pin'li RS-232 seri bağlantı girişine sahiptir (Şekil 5.4). Cihazın pH verilerini toplayabileceği sensör ucu, üretimin gerçekleşeceği bioreaktörün içine sabitlenir. Bu sensör ucundan toplanan analog veriler, üretim sırasında cihaz tarafından dijital verilere dönüştürülecektir. Cihazın, bilgisayarla on-line iletişimi kuracağı bağlantı yuvasına RS-232 bağlantı kablosunun DCE ucu, cihazın bağlanacağı bilgisayardaki seri port yuvalarından birine ise aynı kablonun DTE ucu yerleştirilir. Bu donanım ile bilgisayar-cihaz arasında kurulan gerçek zamanlı veri iletiminin ilk aşaması olan seri link bağlantıları gerçekleşmiş olacaktır.



Şekil 5.4 Consort P-902 dijital pH metre

Linkin veri iletişimini gerçekleştirebilmesi için seri bağlantıların doğru kurulmasının yanında, her cihaz için spesifik olan seri yol parametrelerinin de doğru değerlerle bilgisayar üzerinden bu linke tanıtılması gerekmektedir. Bir linkte kullanılacak her cihaz, üzerinden iletişimin sağlanabileceği bu spesifik değerler atanarak piyasaya sürülürler. Tüm komutlar yada atanan değerler veri iletimi için önemli olsa da, cihazla iletişimi asıl belirleyen, bu kilit değerlerin doğru olarak edinilmesine bağlıdır. Bunların dışındaki ayarlamalar, programlama dillerinin iletişimde rahatlıkla kullandığı yada programcının isteğine bağlı olarak daha rahat değiştirilebilen değerler olacaktır. Bu parametreler 3.bölümde açıklanan ve veri iletiminde kullanılan, *Baudrate, DataBite, Parite ve StopBits* değerleridir. Linkin seri iletişime açılabilmesinde kullanılacak

Consort P-902 dijital pH metre cihazına ait bu seri iletişim spesifikasyonları Çizelge 5.2'de bulunmaktadır.

Çizelge 5.2 Consort P- 902 pH ölçer seri iletişim parametreleri

Baudrate	4800
DataBite	8
Parite	None
StopBits	1

Fermantasyon sisteminden, Consort P- 902 cihazının bağlı olduğu bilgisayara pH sinyallerini iletmek için hazırlanan RS-232 linki, aynı bağlantı üzerinden cihazın on-line kullanımını ve yönlendirilmesini de sağlamaktadır. Link üzerinden bu amaçları gerçekleştirebilecek özel komutlar, seri iletişim parametrelerinin özgünlüğü gibi yine cihaz için üretici firma tarafından hazırlanmıştır. Bu kontrol kodlarının kullanılmasında dikkat edilecek önemli nokta, kodların her bilgisayar yazılımının kendi içinde geçerli olabilecek formatta kullanılması gerekliliğidir. Çizelge 5.3, pH metre ile bilgisayar arasındaki on-line iletişimi sağlamakta kullanılacak bu ifadeleri ve işlevlerini içermektedir.

Çizelge 5.3 Consort P 902 pH ölçer bilgisayar komutları

">1"	Mode	Ana Menü
">2"	Upper	Üst seviye
">3"	Down	Alt seviye
">4"	Cal	Onay tuşu
">5"	Print	Yazdırma
">6"	Help	Yardım
">7"	Hold	Beklemede kalma
">?"	Send Displayed Measurement	Ekrandaki değeri linke iletme

Çizelge 5.3 Consort P 902 pH ölçer bilgisayar komutları (devam)

“>+”	Switch Keyboard On	Klavyeden giriş açık
“>-”	Switch Keyboard Off	Klavyeden giriş kapalı
“>M”	Set-Up	Ayarlar
“>P”	pH Measurement	pH ölçümleri

5.5.2 Consort C-932 çözünmüş oksijen ölçer

Maya hücresinin gelişebilmesi için gerek duyduğu temel gereksinimlerinden biri de oksijendir. Eğer ortamda yeterli oksijen yoksa, maya, etanol üreterek çoğalmaya devam eder. Mayanın istenilen şekilde üretilebilmesi için, ortamdaki oksijen aktarımının iyi, etanol oluşumunun az olması gerekmektedir. Bunun sebebi, yüksek etanol derişimi maya hücreleri için zararlıdır ve etanol de bir karbon kaynağı olduğundan maya hücresi büyümek için etanolü kullanabilir. Bu yüzden ortamdaki çözünmüş oksijen değerlerinin takibi, üretimin kalitesi için önemli bir parametre olmaktadır.

Maya üretimi sırasında, fermantasyon sistemine sağlanacak hava beslemesi ile değişen çözünmüş oksijen değerleri, CONSORT firmasına ait C-932 çözünmüş oksijen ölçer tarafından sağlanacaktır. C-932, içinde bulunduğu ortamın çözünmüş oksijen değişimlerini algılayan bir sensör ucuna sahiptir. Bu sensör, üretimin gerçekleşeceği bioreaktörün içine sabitlenerek ortamdaki oksijen değerlerindeki değişimin cihazda toplanabilmesi için ilk adım gerçekleştirilmiş olur. Sensör tarafından toplanacak analog veriler yine cihaz tarafından dijital verilere dönüştürülecektir. C-932, bilgisayarla bağlantısının kurulabileceği 9 pin’li bir yuvaya sahiptir ve buraya yerleştirilecek bir RS-232 DCE ucu, karşılığında gelecek DTE ucunun ana bilgisayardaki boş bir seri yuvaya bağlanmasıyla, cihazın bilgisayarla arasında kurulacak RS-232 linki üzerinden, çözünmüş oksijen anlık değerlerini bilgisayara ve bilgisayardan gelecek sinyalleri de cihaza iletmekte kullanacaktır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 CONSORT C-932 çözünmüş oksijen ölçer

Fermantasyon sisteminden üretim sırasında anlık olarak toplanacak çözünmüş oksijen değerlerinin, bilgisayarla cihaz arasında kurulacak olan RS-232 seri bağlantı köprüsü üzerinden, on-line olarak bilgisayara iletimi, Çizelge 5.4'te verilen cihaza ait seri iletişim parametreleri kullanılarak sağlanacaktır.

Çizelge 5.4 CONSORT C-932 çözünmüş oksijen ölçer seri iletişim parametreleri

Baudrate	9600
DataBite	8
Parite	None
StopBits	1

CONSORT C-932 cihazının bilgisayar aracılığıyla yönlendirilebilmesi yada cihaza ait alternatif diğer ölçümlerin gerçekleştirilebilmesi için, üretici firma tarafından sağlanacak özel ifadelere ihtiyaç duyulacaktır. Çizelge 5.5'te bulunan bu ifadeler ve işlevleri, komutların kullanılacağı yazılım programında geçerli olacak dönüşümlerle, cihazın link üzerinden etkin yönlendirilmesinde kullanılabilir.

Çizelge 5.5 CONSORT C-932 çözünmüş oksijen ölçer bilgisayar komutları

">1"	Mode	Ana Menü
">2"	Upper	Üst seviye
">3"	Down	Alt seviye
">4"	Cal	Onay tuşu
">5"	Prınt	Yazdırma
">6"	Help	Yardım
">7"	Hold	Bekletme
">?"	Send Displayed Measurement	Ekrandaki ölçümü iletme
">+"	Switch Keyboard On	Klavyeden giriş açık
">-"	Switch Keyboard Off	Klavyeden giriş kapalı
">M"	Measurement Menu	Ölçülebilir değerler menüsü
">E"	Conductıvıty Measurement	Öziletkenlik Değerleri
">L"	Salınıty Measurement	Tuzluluk Değerleri
">D"	Dıssolved okygen measurement(mg/l)	Çözünmüş Oksijen Değerleri (mg/l)
">%"	Dıssolved OkygenMeasurement(%O_2)	Çözünmüş Oksijen Değerleri (%O_2)
">S"	Menu	Ana Menü

5.5.3 Masterflex peristaltik pompa

Ekmek mayası üretiminde kullanılan mikroorganizmanın besini melas içindeki glikozdur. Yarı kesikli üretimler sırasında reaktöre melas beslemesi yapabilmek yada kesikli üretimler sırasında besi ortamından numune alabilmek için Masterflex peristaltik

pompa kullanılacaktır. Pompaya ait besleme borusu, mayanın üretileceği cam biyoreaktöre sabitlendikten sonra, pompanın bilgisayarla on-line kontrol ve takip edilebilmesi için kullanılacak seri iletişim yolu hazırlanır. Link, RS-232 bağlantı kablosunun bilgisayarın arkasındaki çoğaltılmış seri port yuvalarından birine bağlanmasıyla gerçekleştirilebilir.



Şekil.5.6 Masterflex peristaltik pompa

Masterflex peristaltik pompa için özel olarak ayarlanmış RS-232 seri yol parametreleri kullanılarak, hazırlanan linkin cihaz-bilgisayar arasındaki on-line bağlantıları tamamlanacaktır. Pompanın bilgisayar ile arasındaki seri iletişim yolunu doğru kullanılabilmesi için gerekli olan ve yalnız bu cihaza ait seri iletişim spesifikasyonları Çizelge 5.6'de görülmektedir.

Çizelge 5.6 Masterflex peristaltik pompa seri iletişim parametreleri

Baudrate	4800
DatBite	7
Parite	Odd
StopBits	1

Peristaltik pompaya ait seri iletişim parametrelerinin yanında, cihazı yazılımla kontrol edebilmek için gerekli bilgisayar kodları da cihaz için spesifiktir ve bu yüzden üretici firma tarafından sağlanmalıdır. Çizelge 5.7'da yer alan bu ifadeler kullanılırken programcı tarafından dikkat edilecek nokta, bu ifadelerin, her yazılımın kendi içinde geçerli olabilecek formatta çevrilmesi gerekliliğidir. Bu kodlar kullanılarak, cihazın on-line kontrol ve takibi, bilgisayar ve pompa arasında kurulan seri yol üzerinden gerçekleştirilebilecektir.

Çizelge 5.7 Masterflex peristaltik pompa bilgisayar komutları

A	Request auxiliary input status	<STX>P01A<CR>
B	Control auxiliary outputs	<STX>P01Bxy<CR>
C	Request cumulative revolution counter	<STX>P01C<CR>
E	Request revolution to go	<STX>P01E<CR>
G	Go turn pump on and auxiliary output if preset	<STX>P01G<CR>
H	Halt (Turn Pump of)	<STX>P01H<CR>
I	Reguest status data	<STX>P01I<CR>
K	Request front panel switch pressed since last K command	<STX>P01K<CR>
L	Enable local operation	<STX>P01L<CR>
O	Control auxiliary outputs immediately without affecting drive	<STX>P01O<CR>
R	Enable remote operation	<STX>P01R<CR>
S	Set motor direction and RPM	<STX>P01S<CR>
U	Change satellite number	<STX>P01U<CR>
V	Set number of revolutions to run	<STX>P01V<CR>
Z	Zero revolutions to go counter	<STX>P01Z<CR>

5.5.4 Aalborg hava akış hızı ölçer (*flowmeter*)

Fermantasyon proseslerinde maya üretimini maksimum yapmak ve reaktörde istenmeyen yan ürün olan alkol oluşumunu kontrol altında tutmak üzere hava besleme profilinin dikkatli takibi gerekir. Bu amaçla kullanılacak cihaz, ortama beslenecek havanın akış hızını kontrol edebilen Aalborg GFC171 marka bir hava akış ölçeridir



Şekil.5.7 Aalborg flowmeter

Aalborg flowmeter, sistemde kullanılan diğer cihazlardan farklı olarak dijital ve bilgisayarın anlamlandırabileceği sayısal değerler yerine 4-20 mA'lik analog verileri ölçebilmektedir. Bu değerlerin anlamlandırabilmesi için cihazla bilgisayar arasındaki veri yolunu RS-232 standardına dönüştürebilen bir konvertör gereklidir (Şekil 5.8). Bu tür dönüştürücüler eklenirken, konvertöre ait RS-232 kablolarındaki 9 pin'in her biri, cihazın kendi kablolama ayarları ile uyum içinde bağlanmalıdır. RS-232'nin, sahip olduğu pinleri hangi mantıkta kullandığı, tez kapsamında veri iletişim sistemleri kısmında ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Verilen bilgiler ışığında gerçekleştirilen bu bağlantı, hava akış hızı ölçerinin 4-20 mA'lik ölçümlerini RS-232 standardının kullandığı dijital verilere dönüştürebilecektir.



Şekil 5.8 Aalborg - I/O RS-232 konvertör

Çizelge 5.8'de verilen seri iletişim parametreleri kullanılarak, flowmeterin, bilgisayarla arasında kurulan RS-232 seri linki üzerinden on-line kullanıma hazır hale getirilmesi sağlanır.

Çizelge 5.8 Aalborg flowmeter seri iletişim parametreleri

Baudrate	9600
DataBite	8
Parite	None
StopBits	1

Hava beslemesi, üretimdeki en önemli parametrelerden biridir. Biyoreaktör ile bilgisayar arasında bağlantıları gerçekleştirilen Aalborg flowmeter cihazı kullanılarak, Çizelge 5.9'daki özel ifadeler aracılığıyla, üretim boyunca hava akış hızının kontrolü yada değişimlerin takibi bilgisayar tarafından gerçekleştirilebilir.

Çizelge 5.9 Aalborg Flowmeter bilgisayar komutları

<<1 T crc CR	Transmit	Akış hızının ayarlanması
<<1 R crc CR	Receive	Akış hızı okuma
<<1 C crc CR	Calibration	Cihaz kalibrasyonu
<<1 G crc CR	Global	Standart ölçümler

5.5.5 Consort C-932 dijital termometre

Her canlı türü gibi maya mikroorganizmalarının da gelişebildikleri ideal (optimum) bir sıcaklık derecesi vardır. Bu sıcaklık derecesinde mikroorganizma en aktif, en dayanıklı, en çabuk gelişme gösterir konumdadır. Mikroorganizmanın gelişebilmesi için ideal olan bu sıcaklıktan aşağıya doğru inildikçe aktivitede, dayanıklılıkta ve çoğalma hızında azalmalar başlar.

Maya üretimi sırasında gerçekleşen ortam sıcaklığındaki değişimler, CONSORT firmasına ait C-932 dijital termometresi aracılığında takip edilecektir. Termometrenin sensörü, mayanın üretileceği cam biyoreaktöre gerekli ölçümleri yapabilmek amacıyla sabitlenir. Bu sensör ucundan toplanan analog veriler, üretim sırasında cihaz tarafından dijital verilere dönüştürülecektir. Cihazın boşta kalan seri bağlantı yuvasına da, bir RS-232 seri bağlantı kablosunun DCE ucu, cihazın bağlanacağı bilgisayardaki seri port yuvalarından birine ise kablonun DTE ucu yerleştirilir. Bu donanım ile, bilgisayar ve cihaz arasında kurulan on-line veri iletiminin ilk aşaması olan seri link bağlantıları gerçekleşmiş olur.



Şekil 5.9 CONSORT C-932 Dijital Termometre

Dijital termometre ile bilgisayar arasında kurulan RS-232 seri bağlantı köprüsü, Çizelge 5.10'da verilen cihaza ait seri iletişim parametreleri kullanılarak, bilgisayar ile cihaz arasındaki on-line iletimi gerçekleştirebilir.

Çizelge 5.10 CONSORT C-932 dijital termometre seri iletişim parametreleri

Baudrate	9600
DataBite	8
Parity	None
Stop Bits	1

CONSORT C-932 dijital termometre için üretici firma tarafından hazırlanan ve termometrenin bilgisayar aracılığıyla kontrolünü ve takibini bilgisayar aracılığıyla gerçekleştirebilmekte kullanılacak özel ifadeler, Çizelge 5.11'te verilmiştir. Bu ifadeler

kullanılarak termometrenin manuel olarak izin verdiği tüm ölçüm ve ayarlamalar, artık bilgisayar tarafından da kullanılabilir olacaktır.

Çizelge 5.11 CONSORT C-932 dijital termometre bilgisayar komutları

“>1”	Mode	Ana Menü
“>2”	Upper	Üst seviye
“>3”	Down	Alt seviye
“>4”	Cal	Onay tuşu
“>5”	Prınt	Yazdırma
“>6”	Help	Yardım
“>7”	Hold	Beklemede kalma
“>?”	Send Displayed Measurement	Ekrandaki ölçümü gönderme
“>+”	Switch Keyboard On	Klavyeden giriş açık
“>-”	Switch Keyboard Off	Klavyeden giriş kapalı
“>M”	Measurement Menu	Ayarlar
“>C”	^{o}C Measurement	Sıcaklık ölçümleri

5.6 Kesikli Fermentasyon Deneyleri

2 L’lik besi ortamı reaktöre konur ve önceden 200 ml’lik ortamda çoğaltılmış ve santrifüjlenerek üst sıvısı atılmış kek reaktör içine aktarılır. Hava akış hızı 2 L/dk, karıştırıcı hızı 500 rpm ve ceketten geçen akışkan sıcaklığı 28 ^{o}C koşullarında kesikli fermentasyona başlanır. Oksijen derişimi, sıcaklık ve pH verileri, her 5 dakika bir on-line olarak bilgisayara aktarılmaktadır.

6. GERÇEK ZAMANLI ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİSTİKSEL ANALİZ YAZILIMI

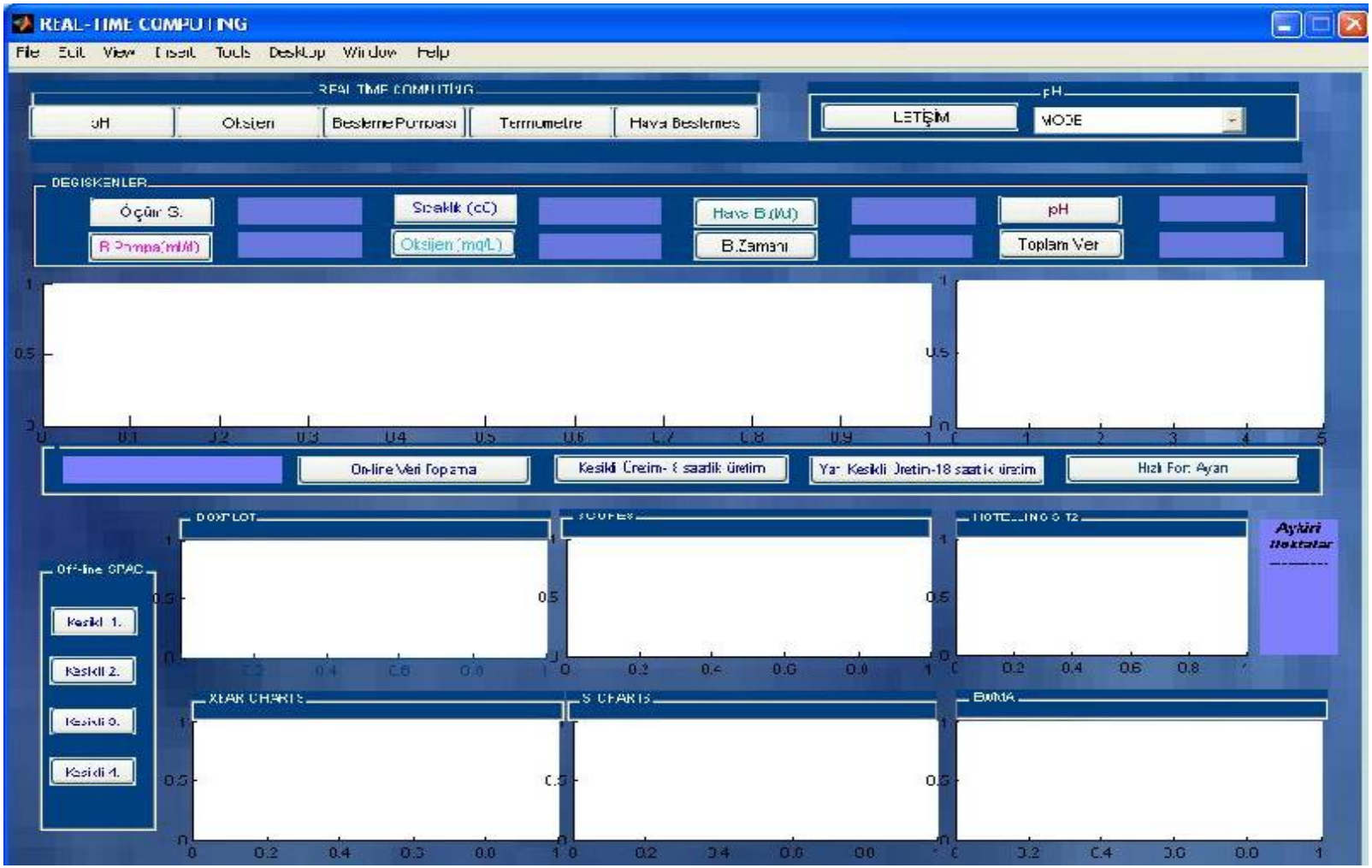
Gerçek zamanlı (Real Time) üretim, proseslerin çeşitliliğine bakılmaksızın, sistemi temsil edecek verilerin biriktirilip sonra işlenmesi yerine, alındıkça işlenmesi özelliğine sahip sistemin veya olayın özelliğidir. Bir üretim prosesinden toplanacak anlık verilerin düzenlenmesi, bu amaçla sistemde kullanılacak tüm cihazların yönlendirilebilmeleri ve gerçek zamanlı sistem takibi, çok sayıda kodu da beraberinde getirmektedir. Bilgisayarla dış dünyadaki sistemlerin kontrolünü ve bu kod yığınlarının hazırlanma ve kontrol sürecini tüm kullanıcılar için kolaylaştırabilmek amacıyla, prosesle hat üstünde (on-line) iletişimi, üzerindeki yönlendirici butonlarla sağlayabilen kullanıcı etkileşimli otomasyon programları, yazılımcılar tarafından farklı programlarda hazırlanabilmektedir. Bu programların sağladığı denetim ile, arka planda entegre hazırlanmış teferruatlı bilgisayar algoritmalarına girmeden, sisteme bağlı cihazlar, hem bilgi toplama amaçlı kullanılabilmekte hem de cihazların kontrolü program üzerinden gerçekleşebilmektedir.

Laboratuar ölçekli ekmek mayası üretim reaktörünün gerçek zamanlı takibi sırasında, fermantöre eklenecek sensörlerden elde edilen ve prosesi oluşturan değişkenlerin, kullanıcılar tarafından kolay ve rahatlıkla takip edilebilmesi için tüm maya üretimini temsil edebilecek ve ihtiyaçlarına cevap verebilecek RT-SPAC yazılımı geliştirilmiştir. RT-SPAC, bu alanda kullanılan en yaygın programlar içerisinde gerçek bir otomasyon sisteminin ihtiyacı olan hız, hesaplamalar ve görsellik vadeden $MATLAB_{7.0}$ programı kullanılarak hazırlanmıştır. Yazılım hazırlanırken, gerçek zamanlı maya üretiminin tüm işlem basamakları bilgisayar kodlarına çevrilmiş ve bu kodlar, kullanıcı etkileşimli bir arayüzün ön paneli üzerindeki yönlendirici butonlara entegre edilerek, kolay kullanımlı bir otomasyon ekranı sağlanmıştır. Böylece, RT-SPAC programı ile, kullanıcıların, maya üretimini, ekran üzerinden, kod yığınlarına girmeden kolaylıkla takip edebilmesi hedeflenmiştir (Şekil 6.1).

Gerçek zamanlı iletişimin ilk adımı, veri toplama sistemlerinin, yani değişkenlerin değerlerini ölçen sensörlerin bilgisayar tarafından tanınabilmesi ve bilgisayar aracılığıyla kontrol edilebilmesidir. Tez içerisinde, maya üretiminin gerçek zamanlı takibinde kullanılacak veri toplama sistemlerinin özellikleri ve $MATLAB_{7.0}$ programı ile bu sensörlerin bilgisayar tarafından tanınabilmesi ve program kodlarıyla iletişime açılabilmesi açıklanmıştır. RT-SPAC yazılımı, tüm bu bilgilerin ışığında, $MATLAB_{7.0}$ içerisinde hazırlanacak bir arayüz ve arka planda bu basamakları sağlayan entegre kodlar içeren güçlü bir yazılımla, cihazların veri alışverişi sağlayabilecek şekilde tek bir bilgisayar üzerinden kontrolünü sunmaktadır.

RT-SPAC programının kullanıcılara sağladığı kolaylıklardan bir diğeri, üretim sırasında sensörlerden elde edilecek tüm verilerin gerçek zamanlı olarak senkronize toplanabilmesi olacaktır. Bölüm içerisinde ayrıntılarıyla anlatılacak olan gerçek zamanlı kodlama ile, tüm cihazlara aynı zamanda sinyal gönderilmesi ve gelen tepkilerin eş zamanlı olarak toplanması sağlanabilecektir.

Prosesin, hazırlanan yazılım aracılığıyla üretim sırasında toplanan değişkenler üzerinden takip edilebilmesi ve cihazların program üzerinden yönlendirilebilmelerinin dışında, üretim sırasında toplanacak gerçek zamanlı verilerin istatistiksel analiz yöntemleriyle yorumlanabilir hale getirilebilmesi için, $MATLAB_{7.0}$ ortamında hazırlanmış Temel Bileşenler Analizi (TBA) ve İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) yöntem algoritmaları kullanılacaktır. Yöntemlere ait bualgoritmalar RT-SPAC yazılımına entegre edilerek, sistem otomasyonu ve istatistiksel analiz aşamaları birleştirilmiştir. Böylece, RT-SPAC tarafından üretim sırasında toplanacak veri demetleri, alındıkça işlenerek, üretimde meydana gelebilecek hataların istatistiksel analiz yöntemleri ile gerçek zamanlı olarak saptanabilmesi sağlanacaktır.(Sekil 7.1). Bölüm içerisinde, RT-SPAC program arayüzü üzerinde yer alan nesnelerin çalışma prensipleri anlatılırken, akıcılığı sağlayabilmek amacıyla, arayüzden alınacak küçük kesitler ve bunlara entegre hazırlanmış kod demetleri üzerinde çalışılacaktır.



Sekil 6.1 Gerçek Zamanlı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz yazılımı arayüz gösterimi (RT-SPAC programı)

6.1 RT-SPAC Programı Kullanıcı Etkileşimli Arayüz Hazırlanması

Şekil 6.1'de görülen kullanıcı ekranı, bir merkez bilgisayar ve bu terminale bağlı beş cihazın gerçek zamanlı iletişimine ve kontrolüne imkan veren RT-SPAC uygulamasına aittir. Görsel ekran, $MATLAB_{7.0}$ programı içerisinde yer alan bir nesnel iletişim ekranı ve bu arayüze ait m-file dosyasının senkronize kodlanmasıyla gerçekleştirilir.

Görsel arayüz üzerinde, Şekil 6.1'de görülen nesneler yerleştirilerek, kullanıcıların kendi kullanım kolaylığını ve görselliklerini kazanması sağlanır. Arayüz üzerindeki görüntü, fare yardımıyla, $MATLAB_{7.0}$ programının içerdiği nesnelerin sürüklenip bırakılmasıyla sağlanmıştır. Şekil 6.1'deki görsel ekranın tasarlanmasının ardından aktifleştirilecek bu arayüz penceresi, yerleştirilen her bir nesne için, arka planda kendi kod satırını oluşturacaktır (Ek 4). Tez sonunda, bu kodlara ait çizelgeler sırayla birbirlerine eklendiklerinde, RT-SPAC yazılımının program kodları ortaya çıkacaktır.

RT-SPAC yazılımı, gerçek zamanlı üretimin takibi sırasında, sensörlerden gelen sinyallerin program üzerinde toplanabilmesi ve aynı yolla cihazlara sinyal gönderilebilmesini beş farklı cihaz için sağlamak zorundadır. Şekil 6.2'de izlenen ve sistemde kullanılacak sensörleri temsil eden her bir buton, bilgisayar ve sistem arasındaki veri yolarını tanımlamakta ve cihazları kontrol ederken kullanıcıyı yönlendirmekte kullanılacaktır.

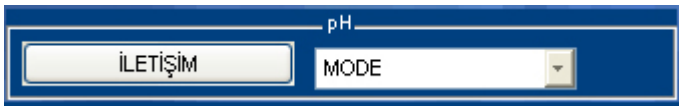


Şekil 6.2 RT-SPAC arayüzünde cihazlara ait yönlendirme butonları

Sisteme bağlı cihazlar çoğaldıkça arayüz üzerindeki alan da etkili kullanılmalıdır. Şekil 6.2'de görülen pencereden fare yada klavye yardımıyla seçilebilen her buton, yazılımın sağ üst köşesinde, ilk anda görülmeyen yeni pencereleri etkinleştirecektir. Herbir cihaz için ayrı bir kullanım kolaylığı ve sonrasında geniş bir kontrol alanı sunacak olan bu pencereler, arayüzde üst üste yerleştirilerek, ilgili cihazın, sistemdeki diğer cihazların kullanım alanlarına girmeden, arayüz üzerinden rahatlıkla kontrol edilebilmesini sağlamaktadır. Bu pencereler, cihazlara ait veri yollarının kurulması, bu yolların aktifleştirilmesi ve yazılım üzerinden kontrolleri basamaklarına cevap verecektir.

Ek 5'te yer alan program kodları, Şekil 6.2'de bulunan *pH, Oksijen, Besleme Pompası, Termometre ve Hava Beslemesi* butonlarına, ilgili cihazlar için hazırlanan pencereleri çağırabilme görevi verirler. Kodlar, Şekil 6.2 üzerinde seçilen cihazlar değiştikçe, işlevleriyle birlikte yenilenen diğer cihaz pencerelerinin de aynı alanda görülebilmesini sağlayacaktır. Bu aşamaya kadar, RT-SPAC programının arayüzünün hazırlanması, kullanımı ve temel kodların işlenmesi basamakları gerçekleştirilmiştir. Sonraki basamaklar, cihazların bağlı olduğu seri yollarının iletişime açılması, cihaz konfigürasyonları ve nihayet gerçek zamanlı iletişim kodlarıyla devam edecektir.

6.2 Veri İletişim Yollarının Kurulması ve Cihaz Konfigürasyonları

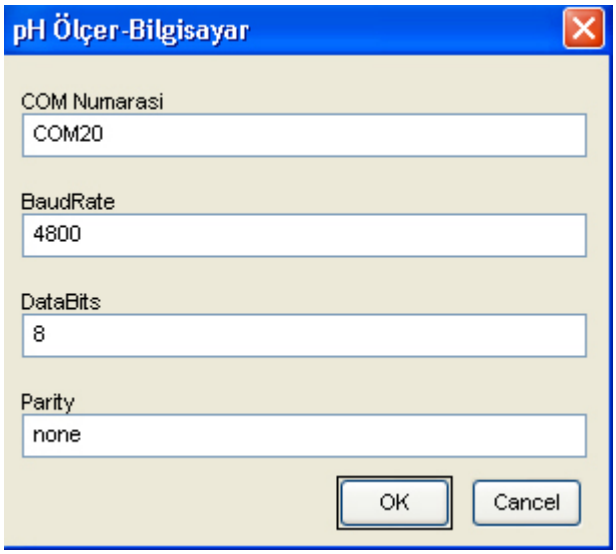


Şekil 6.3 Consort P-902 pH ölçer penceresi

pH; Şekil 6.2'de yer alan ilk buton, biyoreaktördeki üretimin pH verilerini, bilgisayarla arasında kurulan ve *COM20* portunda bulunan RS-232 seri linki üzerinden iletecek olan Consort P-902 dijital pH ölçere aittir. Butonun aktifleştirilmesi ile arayüzün sağ üst

kısmında ortaya çıkan pencere, içinde pH ölçer için hazırlanmış nesnelerin bulunduğu, kendi içinde yalnızca bu cihazı yönlendirebilecek entegre kodlar içeren farklı bir arayüz ve yazılım gibi hareket edecektir (Şekil 6.3).

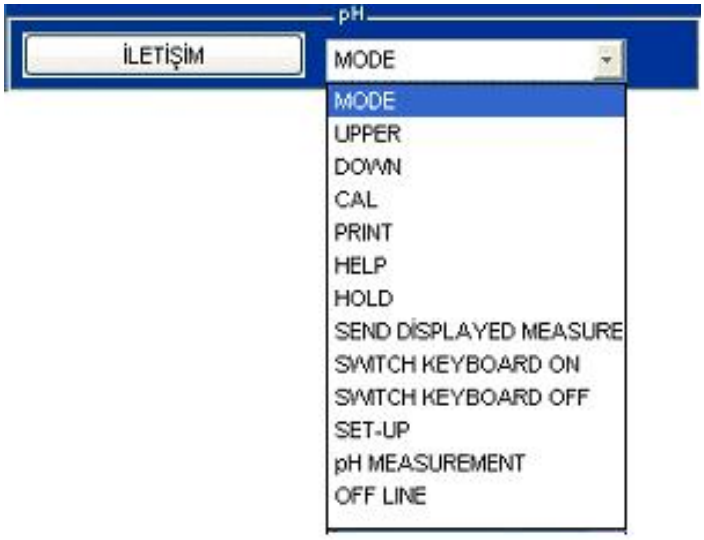
Şekil 6.3 penceresindeki *iletişim* butonu seçildiğinde, pH ölçere ait seri iletişim spesifikasyonlarının girilebileceği yeni bir yönlendirme penceresi ortaya çıkaracaktır (Şekil 6.4). Açılan bu yeni pencereye, tez içerisinde ortamın pH'ını toplayacak Consort marka P-902 cihazı ve özellikleri tanıtılırken açıklanan ve Çizelge 5.2'de yer alan özel seri iletişim parametreleri girilecektir.



Şekil 6.4 Consort P- 902 cihazına ait parametre belirleme penceresi

Yazılımın veri yolunu iletişime açabilmesi için gerekli ilk parametre, penceredeki *"COM Numarası"* edit box kutusuna klavye yardımıyla girilen ve ilgili sensörün bağlı olduğu port yuvasını gösteren adrestir. pH ölçer cihazının veri iletiminde kullanacağı özel cihaz parametrelerinden ikincisi olan *Baudrate*, sensörün veri iletim hızının belirlenmesinde, P*arity* ise hata kontrolünde kullanılacaktır. Cihaz, tüm veri iletimi spesifikasyonları ile sisteme tanıtıldıktan sonra, pencere *"OK"* butonu ile kapatılarak,

cihaz-bilgisayar arasında kurulan RS-232 bağlantısı, hat üstünde (on-line) veri iletimine açılmış olacaktır (Şekil 6.4).



Şekil 6.5 Consort P- 902 cihazına ait komut penceresi

Consort P-902 cihazına ait penceredeki ikinci buton, cihazı yazılımla kontrol edebilmek için gerekli bilgisayar kodlarını aktifleştirebilen bir popup butonu yani seçenek penceresidir (Şekil 6.5). Bu seçenekler, cihazı hat üstünde (on-line) bağlantılar üzerinden takip ve kontrol etmeyi kullanıcıların kontrolüne geçirmektedir. Kodların entegre edildiği popup menüsündeki her seçenek, kullanıcı tarafından fare yardımıyla aktifleştirildiğinde, seri port üzerinden cihaz üzerine bir işlem uygulanacaktır. Böylece manuel olarak değiştirilebilen tüm cihaz ayarlamaları yada seçenekleri, bilgisayarda bulunan RT-SPAC programının kontrolüne geçirilmiştir.

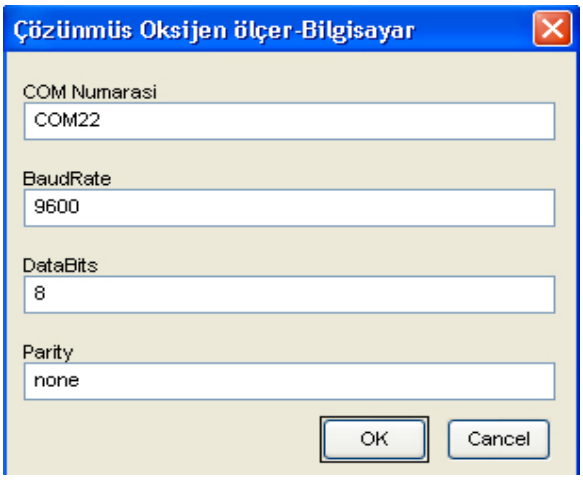
Consort P-902 cihazına ait yönlendirici pencerelerin arka planında entegre olarak çalışan program kodları, Ek 6'da verilmiştir. Bu kodlar, Ek 4'de bulunan kodlara eklendiğinde, yazılım, pH cihazı için anlatılan tüm bu işlemleri gerçekleştirebilecektir.



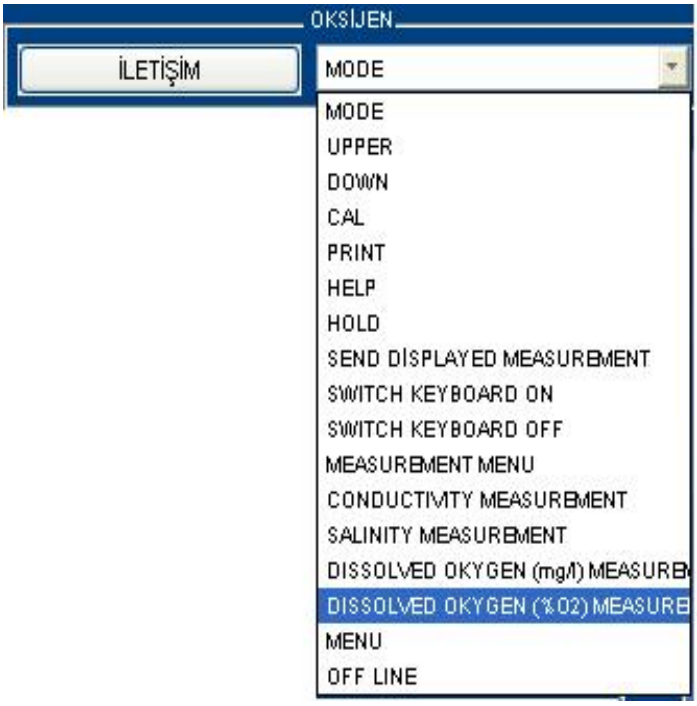
Şekil 6.6 RT-SPAC arayüzü-Consort C-932 çözünmüş oksijen penceresi

Çözünmüş Oksijen; Maya üretiminde takip edilecek ikinci değişken, çözünmüş oksijen değişimlerine aittir. Bu değerleri sisteme sağlayabilen cihaz, Consort marka C-932 çözünmüş oksijen ölçerdir. Cihazın alıcı ucu, reaktörün içinden verileri analog olarak toplamakta ve kendi içinde bilgisayarın anlayabileceği dijital sinyallere çevirmektedir. Bilgisayarla cihaz arasında kurulan RS-232 bağlantısı, bu veri yolu üzerinden, istenilen sıklıkta çözünmüş oksijen değerlerini, RT-SPAC yazılımına iletmekte kullanılacaktır. Şekil 6.2'de bulunan *"Oksijen"* butonunun aktifleştirilmesi, RT-SPAC arayüzü üzerinde, cihaza ait işlemlerin gerçekleştirilebileceği Şekil 6.6'de bulunan çözünmüş oksijen penceresini ortaya çıkaracaktır.

Açılan pencere üzerindeki "*iletişim*" butonu seçilerek, cihaza ait seri iletişim spesifikasyonlarının girilebileceği yönlendirme penceresinin aktifleştirilmesi sağlanır (Şekil 6.7). Bu parametreler, tez içerisinde cihaz tanıtılırken Çizelge 5.4'te verilmiştir. Cihazın bilgisayarda bağlı olduğu port yuvası ve çizelgedeki diğer özel parametreler, açılan bu pencereye girilerek, cihazın yazılım tarafından iletişime açılması sağlanır.



Şekil 6.7 Consort C-932 çözünmüş oksijen ölçer cihazına ait parametre belirleme penceresi



Şekil 6.8 Consort C-932 çözünmüş oksijen ölçer cihazı komut penceresi

CONSORT C-932 oksijen ölçerinin gerçekleştirebildiği tüm işlemler, bilgisayar komutlarına çevrilerek, Şekil 6.8'de bulunan popup mönüsündeki seçeneklere entegre edilmiştir. Böylece cihazdan istenilen işlemlerin menüden seçilmesiyle, kullanıcılar tarafından cihaza hat üstünde (on-line) komutlar gönderilebilecektir. Cihaza ait yönlendirici pencerelerin arka planında entegre olarak çalışan program kodları, Ek 7'de bulunmaktadır.

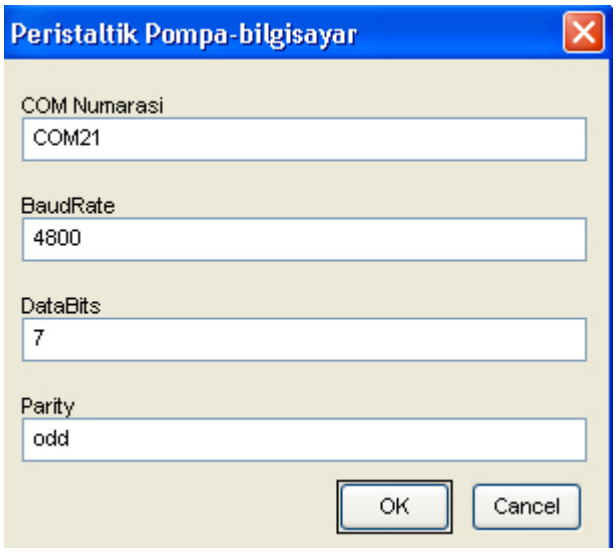


Şekil 6.9 RT-SPAC arayüzü -Masterflex Peristaltik Pompa penceresi

Masterflex Peristaltik Pompa; Yarı kesikli ekmek mayası üretimleri sırasında, bioreaktöre melas beslemesi yapılabilmesi yada kesikli üretimlerde besi ortamından numune alınabilmesinde besleme pompası kullanılmaktadır. RT-SPAC programı her iki

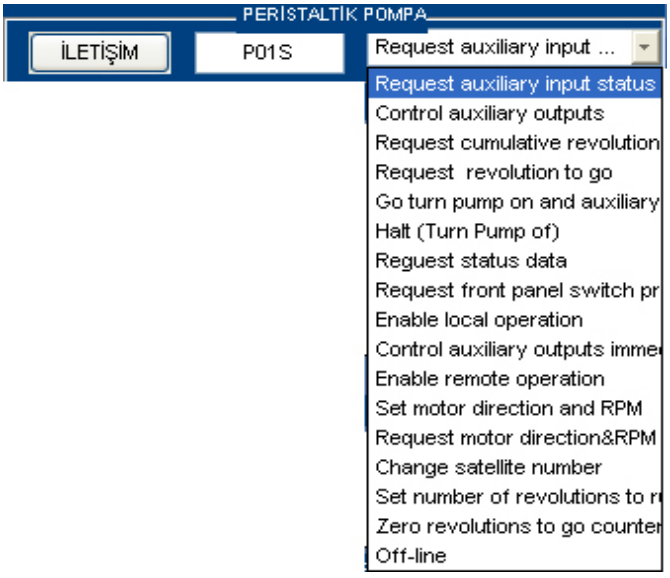
üretime de cevap verebildiğinden, sistemde kullanılan Masterflex peristaltik pompa için arayüz üzerinde pencereler sunmaktadır. Peristaltik pompaya ait pencere, Şekil 6.2'deki *"besleme pompası"* butonunun seçilmesiyle ortaya çıkacaktır (Şekil 6.9).

Şekil 6.9'de görülen peristaltik pompa penceresindeki işlem hiyerarşisi, yine iletişim butonunun aktifleştirilmesiyle ortaya çıkan Şekil 6.10'deki pencereye, peristaltik pompa için özel olarak ayarlanmış RS-232 seri yol parametrelerinin klavye yardımıyla girilmesiyle başlar. Pompanın bilgisayar ile arasındaki seri iletişim yolunu doğru kullanılabilmesi için gerekli olacak seri iletişim spesifikasyonları, tez içerisinde Çizelge 5.6'da bulunmaktadır.



Şekil 6.10 Masterflex Peristaltik Pompa cihazına ait parametre belirleme penceresi

Pompanın yazılımla kontrol edilebilmesi için gerekli bilgisayar ifadeleri, Çizelge 5.7'den faydalanarak *ASCII* formatına çevrilmiş ve Şekil 6.11'de görülen popup menünün seçeneklerinde, işlevlerine göre sıralanmışlardır. Bu ifadeleri kullanırken yazılımcı tarafından dikkat edilecek önemli nokta, ifadelerin kodlanması sırasında, her yazılımın kendi içinde geçerli olabilecek formatta çevrilmesi gerekliliğidir. Cihaza ait yönlendirici pencerelerin arka planında entegre olarak çalışan program kodları, Ek 8'de bulunmaktadır.

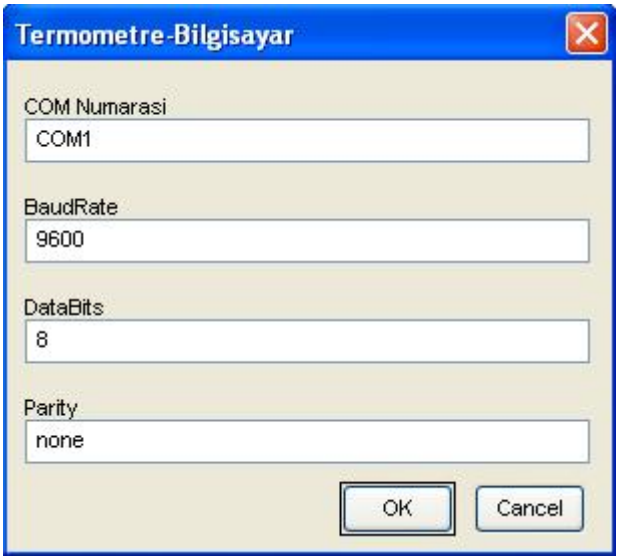


Şekil 6.11 Masterflex Peristaltik Pompa cihazına ait komut penceresi



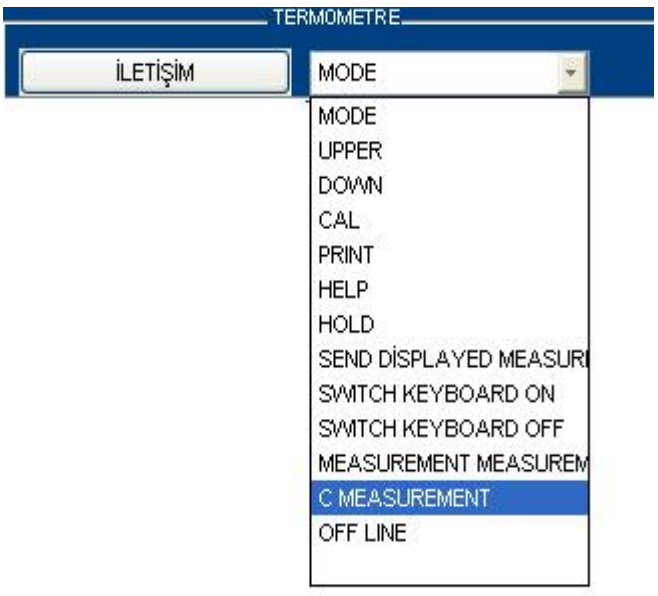
Şekil 6.12 RT-SPAC arayüzü-Consort C-932 dijital termometre penceresi

Termometre; Maya üretimleri sırasında, yazılım üzerinden hat üstünde (on-line) olarak toplanacak dördüncü değişken, ortam sıcaklığının ölçümü ile sağlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan sensör Consort C-932 dijital termometredir. Termometre RS-232 bağlantısına sahiptir ve ana bilgisayarın çoğaltılmış seri veri yolarından birine bağlanmıştır. Bu yeni bağlantının hat üstünde (on-line) iletişime açılması için, Şekil 6.2'de görülen arayüzden, *termometre* butonu seçilmelidir. Böylece ortaya çıkan Şekil 6.12 deki pencere üzerinden "iletişim" butonuna tıklanarak, termometreyi bilgisayarın kullanımına açacak bir diğer pencerenin gelmesi sağlanır. Dijital termometrenin bilgisayar ile arasındaki seri iletişim yolu için gerekli olan parametreler, Çizelge 5.10'dan alınarak bu parametre penceresinde kullanılır. Böylece, termometre ve bilgisayar arasındaki seri iletişim yolu üzerinden veri akışının gerçekleşmesi sağlanır.



Şekil 6.13 Consort C-932 dijital termometre cihazına ait parametre belirleme penceresi

Consort C-932 dijital termometre için üretici firma tarafından hazırlanmış ve termometrenin bilgisayar aracılığıyla kontrolünü ve takibini sağlayacak bilgisayar komutları, tez içerisinde Çizelge 5.11'de verilmiştir. Bu komutlar kullanılarak, cihaz üzerinde manuel olarak sağlanabilen tüm işlemler artık RT-SPAC tarafından da hat üstünde (on-line) olarak gerçekleştirilebilecektir. Cihaza ait yönlendirici pencerelerin arka planında entegre olarak çalışan program kodları, Ek 9'de bulunmaktadır.



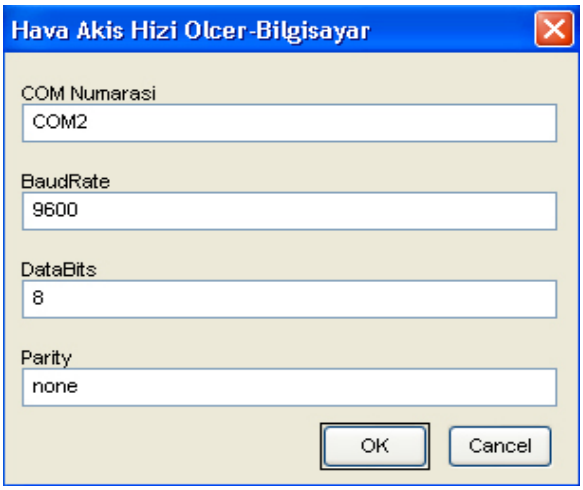
Şekil 6.14 Consort C-932 dijital termometre cihazına ait komut penceresi



Şekil 6.15 RT-SPAC arayüzü-Aalborg flowmeter penceresi

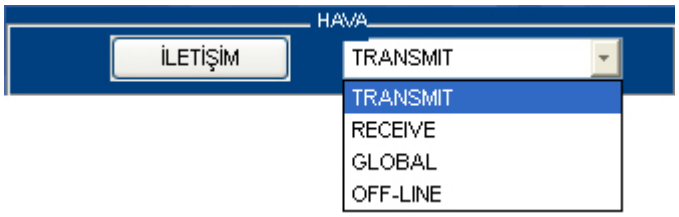
***Hava Akış Hızı Ölçer (Flowmeter)*;** Fermentasyon ünitesinde, maya üretimini maksimum yapmak, aynı zamanda reaktörde istenmeyen yan ürün alkol oluşumunu kontrol altında tutmak amacıyla hava besleme profilinin dikkatli takibi gerekir. Üretim sırasında izlenecek bir diğer ölçüm, ortama beslenecek havanın akış hızına ait değişken değerleri olacaktır. Bu amacı gerçekleştirecek ilgili cihaz, Bölüm 4'te tanıtılan *Aalborg mass flowmeter'dır*. Şekil 6.2'deki cihaz penceresinden, "hava akış" butonuna tıklanarak ortaya çıkarılan yeni pencere, hava akış hızı ölçerin RT-SPAC programı üzerinden bilgisayara tanıtılmasına ve program üzerinden kontrolüne olanak sağlayacaktır (Şekil 6.15).

Şekil 6.15 cihaz penceresinde bulunan "*iletişim*" butonu seçilerek, cihaza ait seri iletişim spesifikasyonlarının girilebileceği yönlendirme penceresinin aktifleştirilmesi sağlanır (Şekil 6.16). Bu parametreler, tez içerisinde cihaz tanıtılırken Çizelge 5.8'de verilmiştir. Cihazın bilgisayarda bağlı olduğu port yuvası ve çizelgedeki diğer özel parametreler, açılan bu pencereye girilerek, cihazın yazılım tarafından iletişime açılması sağlanır.



Şekil 6.16 Aalborg Flowmeter cihazına ait parametre belirleme penceresi

Seri veri iletimine açılan link, Şekil 6.17'de görülen popup nesnesi üzerindeki seçeneklerle cihazın hat üstünde (on-line) kontrolü gerçekleştirilebilir. Hava beslemesi üretimdeki en önemli parametrelerden biridir ve biyoreaktör ile bilgisayar arasında bağlantıları gerçekleştirilen Aalborg Flowmeter hava akış ölçerinin kontrolü, artık RT-SPAC programı tarafından da hat üstünde (on-line) olarak kolaylıkla sağlanabilecektir. Cihaza ait bu yönlendirici pencerelerin arka planında entegre olarak çalışan program kodları, Ek 10'da bulunmaktadır.



Şekil 6.17 Aalborg Flowmeter cihazına ait komut penceresi

6.3 Hat Üstünde (on-line) Verilerin Toplanması

Bu aşamaya kadar, sistemde veri toplamaya yarayacak tüm cihazların tanıtılması, cihaz ve bilgisayar arasındaki seri yolların kurulması ve bu yollar kullanılarak, bilgisayarın, cihazları yazılım üzerinde bulunan yönlendirici butonlarla nasıl iletişime açık hale getirebileceği ve kontrol edilebileceği anlatılmıştır. Bu bölümde, gerçek zamanlı veri toplanmasının son aşaması, yani yazılımın kurulan seri yollardan gelecek sinyalleri anlamlandırması, sürekliliğini ve sıklığını ayarlayarak, veri demetlerini anlık olarak kullanıcıların rahatlıkla takip edebileceği ekran ve grafiklerle işleyebilmesi anlatılacaktır.

RT-SPAC programı ile, gerçek zamanlı maya üretimleri sırasında toplanan değişken değerleri, kullanıcı tarafından belirlenen zaman aralıklarında ve sürekli olarak

yenilenmektedir. Cihazlardan alınan yeni değerler, sistem başlangıç anından itibaren toplanan veri demetinin üzerine eklenerek, böylece üretimlerin düzenli olarak kaydedilmesi sağlanır. Gerçek zamanlı olarak toplanan bu veriler, üretim sırasında RT-SPAC programının arayüzündeki göstergeler üzerinden izlenebilirler. Bu göstergelere yansıyan değerler, anlık değişimlerde, pencerenin kendisini sürekli tazelemesiyle yenilenmektedir (Şekil 6.18).



Şekil 6.18 RT-SPAC arayüzünde veri toplama pencereleri

Anlık toplanan verilerin, ekrana yansıyan ve sürekli kendini yenileyen ilgili hücrelerdeki değerleriyle takip edilebilmesinin yanında, zamanla biriken veri demetinin, üretime başlama anından itibaren arayüz üzerindeki grafiklerle toplu halde izlenebilmesi de sağlanmıştır. Bundan sonraki aşama, maya üretimi sırasında takip edilecek tüm bu değişkenlerin, kullanıcı tarafından belirlenecek zaman dilimlerinde ve aynı anda toplanabilmesidir. Bu aşama, gerçek zamanlı üretim takibinin de temelini oluşturmaktadır. Ek 11'de bulunan bu kodlar, 8 saatlik kesikli maya üretiminin gerçek zamanlı ve etkin takibini gerçekleştirmektedir.

6.4 RT-SPAC Programı ile İstatistiksel Analiz

RT-SPAC yazılımı, laboratuvar ölçekli ekmek mayası fermantörününün sistem bilgisayar arasındaki veri iletişim yolları üzerinden hat üstünde (on-line) takibini, üretim sırasında sistemden toplanan değişkenler üzerinden sağlamaktadır. Program, kullanımı

sırasında, kendini sürekli açılan yönlendirme pencereleriyle yenilerken, geriye artık yazılımın arayüzü ile sunulan ekmek mayası fermantörünün, değişkenler ve grafikler üzerinden izlenmesi kalacaktır.

RT-SPAC *(Real-Time Statistical Process Analysis & Control)* açılımının gerçek zamanlı veri iletişimi basamağı, maya fermantörünün arayüz üzerinden hat üstünde (on-line) olarak belirli zaman aralıklarıyla takip edebilmesiyle sağlanmıştır. Bölüm içerisinde bulunan çizelgeler, gerçek zamanlı sistem takibi için RT-SPAC arka planında çalışan bilgisayar algoritmalarını içermektedir. RT-SPAC programının ikinci açılımı olan SPAC (*Statistical Process Analysis & Control)*, üretim sırasında değişkenler aracılığıyla takip edilen reaktörün anlık istatistiksel analizini hedeflemektedir. Altıncı bölümde, istatistiksel analizin $MATLAB_{7.0}$ aracılığıyla kodlanması ayrıntılarıyla incelenmiş ve istatistiksel grafiklendirmeler bir maya örneği üzerinde açıklanmıştı. Bu istatistiksel kodların gerçek zamanlı yazılıma entegre edilmesi ve hat üstünde (on-line) üretim sırasında yada off-line hazır veri demetleri üzerinde RT-SPAC programı tarafından kullanıma hazır hale getirilmesi ise, bu bölümde verilecek kodlar aracılığıyla sağlanmıştır.

İstatistiksel yöntemler, proseslerin ve üretimlerin sağlıklı devam edebilmesi için tüm bilim dallarında süregelen vazgeçilmez basamaklardan biridir. Ancak bu etkili mekanizma, gerçek zamanlı işlemleme ile birleştiğinde, hızlı hesaplama ve anlık denetim gerekliliği, bazı sorunlar doğurabilir. Yazılım programları tarafından yüzlerce satır kodu da beraberinde getirebilecek istatistiksel analizin programlama aşaması, Statistical Toolbox'ın sunduğu hazır istatistiksel fonksiyonlar ile etkin bir kod azaltılmasına gidilebilmiştir.

RT-SPAC programı, Ek 12'de bulunan kod demetini kullanarak, gerçek zamanlı toplanan verilerin, anlık istatistiksel analiz grafikleriyle takibini sağlamaktadır. Kodlar, RT-SPAC üzerinde toplanan anlık veri setleri için öncelikle genel dağılım grafiğini

arayüz üzerinde çizdirmektedir. Çizelgenin devamı, bu veri demetinin boyut karmaşasından arındırılmak için standartlaştırılması ve temel bileşenlerinin bulunması olacaktır. Arayüz üzerindeki ikinci istatistiksel grafik, bulunan temel bileşenler üzerinden çizdirilen skor grafikleridir. Kodlar, temel bileşenler analizi yöntemlerinden bulunan Hotelling T^2 grafikleri ile devam ederken, arayüze yansıyan bir diğer kolaylıkta, yine çizelge de yer alan ve Hotelling T^2 yöntemine göre belirlenen veri demetinin aykırı noktalarının sayısal sonuçlarıdır. Tüm istatistiksel grafiklere destek olarak arayüz üzerine yansıtılan bu değerler, aykırı değerlerin izlenmesinde etkili bir analiz sunacaktır. Çizelge, bu TBA yöntemlerinin ardından, İPK yöntemlerinden Xbar, S ve EWMA yöntemleri için hazırlanan program kodlarıyla devam etmektedir.

Ek 12'de verilen kodların sadeliği ve hızlı işlem basamakları dikkate alındığında, $MATLAB_{7.0}$'in istatistiksel analizde büyük bir aşama kat ettiği ve bu kolaylığın gerçek zamanlı analizin zaman yarışında etkin bir destek sağlayabileceği yadsınamaz. RT-SPAC programına ait istatistiksel analiz kod demetinin off-line olarak ta programlanması, yazılımın, hazır veri demetlerini de yorumlayabilmesini sağlamaktadır. RT-SPAC arayüzünde bulunan off-line butonlar, üretimleri temsil eden bu hazır veri demetlerinin gerçek zamanlı üretimler dışında da analizlenebilmesine imkan vermektedir. Hat üstünde (on-line) ve off-line olarak kullanılabilen RT-SPAC programı, bu haliyle hızlı ve etkili bir gerçek zamanlı iletişimin tüm basamaklarına cevap verebilmektedir.

7. İNCELENEN MAYA ÜRETİMLERİ

Ekmek mayası fermantörü, dördüncü bölümde açıklanan reaktöre eklenmiş sensörler ve bilgisayar bağlantılarının kurulması basamaklarıyla, gerçek zamanlı veri iletimine hazır hale getirilmiştir. Altıncı bölüm, üretim sırasında bu reaktörden toplanacak veri demeti üzerine uygulanacak istatistiksel yöntemlere ve bunların MATLAB programlama dilinde hazırlanmış yöntem kodlarına ayrılmıştır. Yedinci bölüm ile, tüm bu işlem basamakları harmanlanarak, MATLAB programlama diline çevrilmiş hali olan RT-SPAC yazılımı üzerinden, reaktör, reaktöre bağlı sensörler ve bunların bilgisayarla oluşturduğu karmaşık sistemin takibi, reaktörün ve ekmek mayası üretiminin gerçek zamanlı toplanan değişkenler sayesinde RT-SPAC arayüzü üzerinde grafikler ve göstergelerle izlenebilir kolaylığa getirilmesi ve istatistiksel analiz yöntemleriyle analizlenebilmesi basamakları incelenmiştir.

Bu bölümde , MATLAB ortamında geliştirilen RT-SPAC yazılımını test etmek için, 3 litre soğutma ceketli cam bir biyoreaktörde ve laboratuar ortamında gerçekleştirilen 6 adet kesikli maya üretiminden temin edilen veri setleri kullanılmıştır. Maya üretimleri sırasında izlenebilen değişkenler, biyoreaktördeki ortam sıcaklığı, havanın reaktör sistemine beslenme hızı ve üretim boyunca ortamdaki çözünmüş oksijen ve pH değişimleridir. RT-SPAC programının arayüzünde, her üretimin başlangıç anından itibaren anlık olarak toplanan yada yazılım üzerinden off-line olarak çağrılabilen hazır veri demetlerinin istatistiksel analiz grafikleri çizdirilebilmektedir. Bu grafikler sırayla, ortamdaki tüm değişkenlere ait genel dağılım grafiği, veri demetinin temel bileşenlerine ait Skor grafiği, Hotelling T^2 istatistiksel analiz grafiği, bir prosesten düzenli aralıklarla alınan basitleştirilmiş bir ortalama değer göstergesi olan "Xbar" grafikleri, verilerin standart sapma değerleri üzerinden çizdirilen "S" grafikleri ve son olarak ta üstel ağırlıklı hareketli ortalama grafiği olarak adlandırılan "EWMA" grafikleridir. Elde edilen hatalı gözlemlerin hangi değişken/değişkenlerden kaynaklandığını bulmak için katkı grafikleri kullanılmıştır. RT-SPAC programı, bu istatistiksel grafikleri kullanarak, hatalı gözlemlerin üretim sonrasında yada üretim sırasında görüldüğü anda tespit

edilmelerini amaçlamaktadır. Böylece her bir istatistiksel grafiğin sunduğu avantajla en az hataya izin veren üretim aşamaları gerçekleştirilebilecektir.

RT-SPAC programı kontrolünde gerçekleştirilen ilk dört adet maya üretimi, beş dakikalık zaman aralıklarında toplanan 4 değişkene ait 97 adet gözlemden oluşan ve ekler bölümünde (Veri-1 (*97x4*), Veri-2 (*97x4*), Veri-3 (*97x4*) ve Veri-4 (*97x4*)) yer alan veri setleri üzerinden incelenmiştir. Bu setler, sistem değişkenlerinin arayüz üzerinde sürekli yenilenen ilgili grafikleri ve izlenen anlık değerler eşliğinde elde edilmiştir. Diğer iki veri seti, RT-SPAC programı ile gerçek zamanlı istatistiksel analiz sırasında, aniden değiştirilen ortam şartları eşliğinde elde edilmiş maya üretimlerine (*Veri-5 (97x4) ve Veri-6 (97x4))* aittir. Gerçek zamanlı istatistiksel analiz, fermantasyon ünitesinde yer alan sensörlerden üretim sırasında anlık toplanan her verinin RT-SPAC programı üzerindeki önceden belirlenen kendi haneleri üzerinde zamanla birikmesi ve her birikimin bir diğer veri toplama basamağına kadar istatistiksel olarak analizlenebilmesiyle gerçekleşmiştir. Bu iki üretim, reaktörün ceketine gönderilen suyun sıcaklık derecesinin değiştirilmesi ile ortam sıcaklığının da değiştirilebilmesi yada ortamın pH verilerinin asit yada baz ilavesi ile rutin değerlerinden farklı ölçüm sonuçları doğurması gibi etkilerle, RT-SPAC arayüzü üzerindeki istatistiksel grafiklerin o ana ait veri demetini hatalı nokta olarak yansıtabilmesiyle incelenmiştir.

7.1 Kesikli Maya Üretimi 1.Veri seti

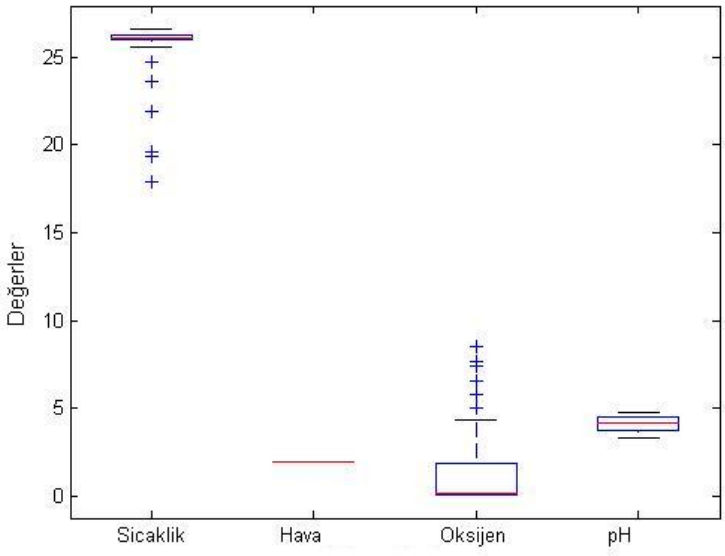
RT-SPAC programı ile gerçek zamanlı olarak takip edilmiş olan 1.veri seti, 97 gözlem ve 4 değişkenden oluşan kesikli maya üretimine aittir. Bu değişkenler sırayla; sıcaklık, hava beslemesi akış hızı, çözünmüş oksijen ve pH'dır. Üretimi temsil eden ham veri demeti Veri-1 (*97x4*), Ek 13' de yer almaktadır.



Şekil 7.1 RT-SPAC ile Veri-1 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi

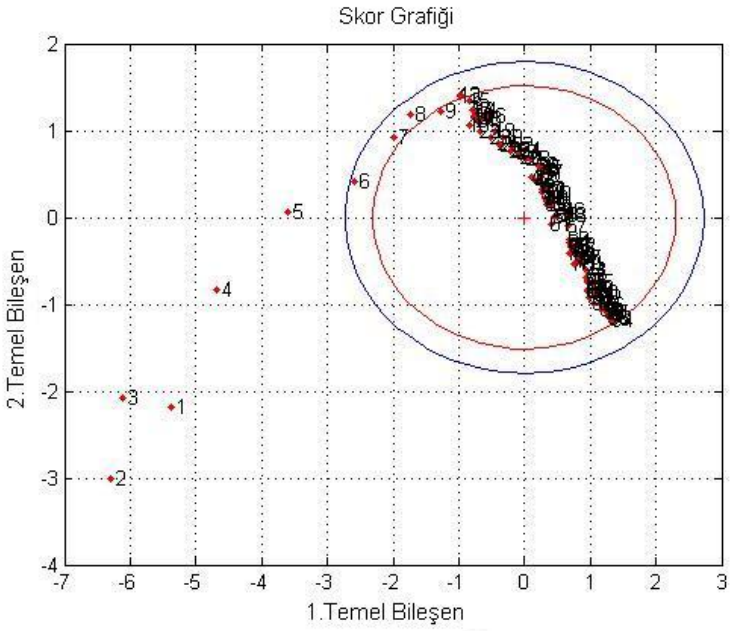
Şekil 7.1'de yer alan arayüz, gerçek zamanlı üretim takibi sırasında toplanan bu veri demeti üzerine, RT-SPAC programı tarafından uygulanan istatistiksel yöntemlere ait grafikleri yansıtmaktadır. Bu sonuçlar, Şekil 7.2'de değişkenlerin dağılım grafiği, Şekil 7.3'de t1-t2 Skor grafiği, Şekil 7.4'de Hotelling T^2 grafiği, Şekil 7.5'de Xbar grafiği, Şekil 7.6'de S grafiği ve Şekil 7.7'deki EWMA istatistiksel grafikleri ile verilmiştir. Elde edilen hatalı gözlemlerin, hangi değişken yada değişkenlerden kaynaklandığını bulmak içinse katkı grafikleri kullanılmıştır. Grafikler, bölüm içerisinde sırayla incelenerek, ilk veri demetinin ve ait olduğu üretimin analizlenebilmesi, aynı zamanda yazılımın çalışma prensiplerinin anlatılabilmesi hedeflenmiştir.

Veri-1'de yer alan kesikli maya üretimi için RT-SPAC arayüzünde çizdirilen ilk grafik, ölçülebilen değişkenlerin üretim süresince bulundukları durumu temsil eden genel dağılım grafiğidir. Grafik ile, 8 saatlik ekmek mayası üretimi süresince, ortam sıcaklığının genelde 26^{o}C değerinde değiştiği ve sisteme beslenen hava akış hızının sabit değerlerde tutulabildiği gözlenmektedir. Reaktörde üretim süresince takip edilebilen çözünmüş oksijen değerleri daha geniş bir yelpazede değişim gösterirken, ortam pH'ı verileri 4 civarında ve genelde aynı değer aralığında toplanmıştır. Bu genel dağılım grafiği ile, değişkenlerden kaynaklanan büyük sapmalar ve ani değişimler hakkında genel bir izlenim sunulmaktadır (Şekil 7.2).



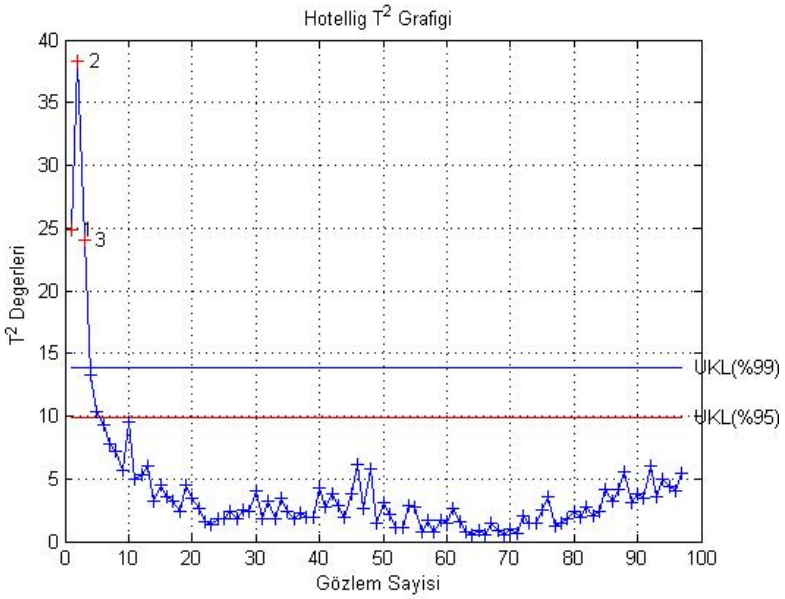
Şekil 7.2 Veri-1 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği

RT-SPAC yazılımı, genel dağılım grafiğinin ardından, bölüm 6'da açıklanan gerekli dönüşümleri kullanarak, TBA ve İPK yöntemlerine ait istatistiksel analiz grafiklerini arayüzünde çizdirmektedir. Bu grafiklerden ilki, birinci ve ikinci temel bileşenler üzerinden, verilerin standart sapma değerlerini kullanarak, rutin toplanmaların dışına çıkmış aykırı noktaları belirlemekte kullanılan Skor grafiğidir. Skor grafiği incelendiğinde, 1, 2, 3, 4 ve 5 gözlemleri, veri demetine oranla sapmaların gözlendiği aykırı noktalar olarak tespit edilmiştir (Şekil 7.3).



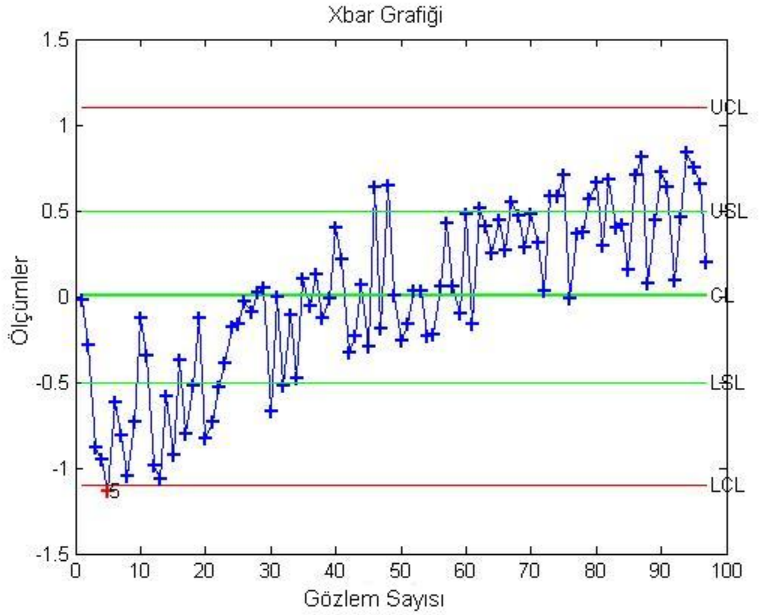
Şekil 7.3 Veri-1 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği

Hotelling T^2 grafikleri, Skor grafikleri ile büyük oranda paralellikler gösterirler. Şekil 7.4'te bulunan bu grafik genel olarak incelendiğinde, 1, 2 ve 3 noktaları aykırı değerler olarak izlenebilmektedir. Hotelling T^2 grafiği, görsel olarak hatalı gözlemlerin belirlenebilmesinin yanında, ikinci bir alternatif olarak, yazılım tarafından aynı yöntemle aykırı gözlemlerin sayısal olarak ta ortaya çıkarabilmesini sağlamaktadır. Hotelling T^2 grafiğinde kullanılan ve her bir gözlemin ortalama değerden sapmasını temsil eden T^2 veri demeti, bölüm 6.1.3'te açıklanan kodlar kullanılarak, sapma derecelerine göre azalan sırada program tarafından kaydedilir. Şekil 7.1'de yer alan ve arayüze de yansıyan bu ilk beş aykırı nokta 1, 2, 3, 4 ve 5 olarak gözlemlenmiştir.



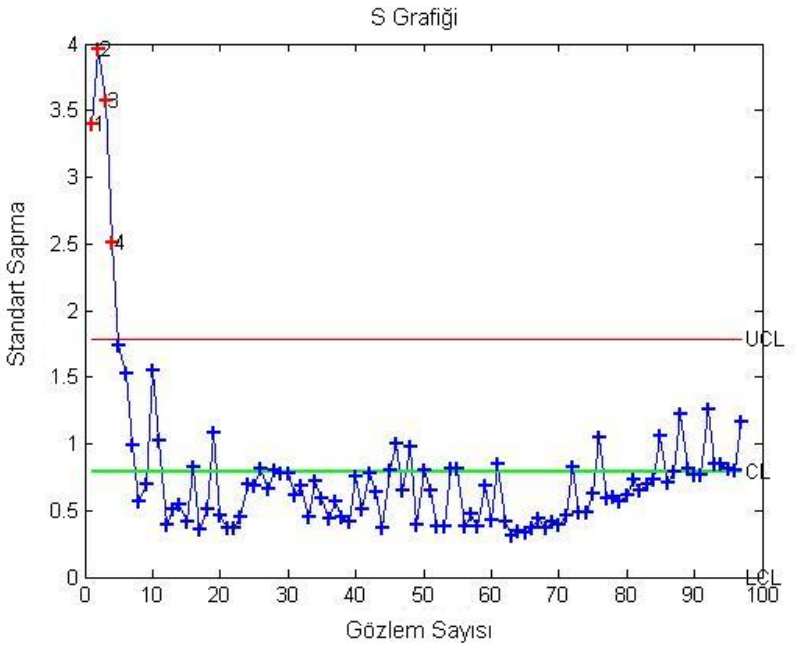
Şekil 7.4 Veri-1 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği

Şekil 7.5'de bulunan Veri-1 seti için, Xbar grafiğinin alt ve üst limitler dışında kalan noktaları genel olarak incelendiğinde, aykırı gözlem yalnız 5 noktasında saptanmıştır.



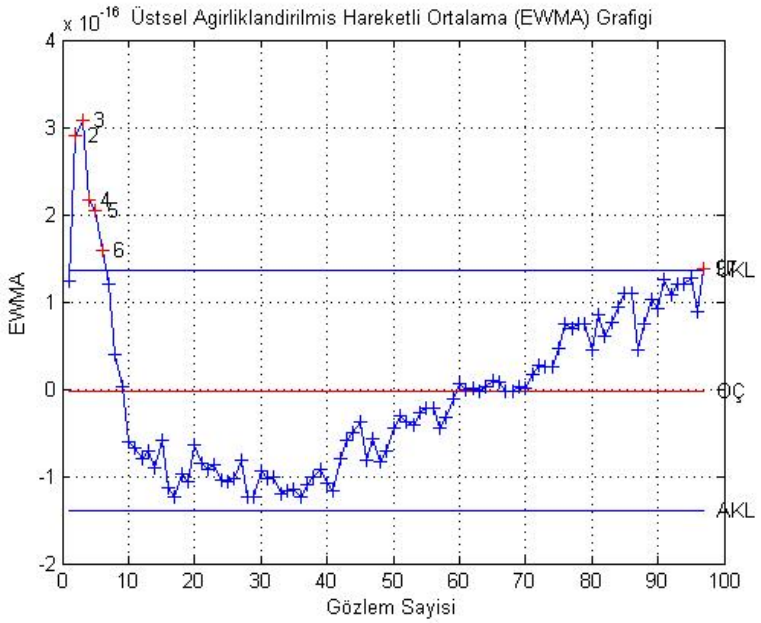
Şekil 7.5 Veri-1 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği

S grafikleri, bir prosesten düzenli aralıklarla alınan verilerin standart sapmaları üzerinden çizdirilmektedir. S grafiklerinin kendi belirlediği sınırların dışında izlenen aykırı değerler, aslında her bir ölçümün standart sapmaları arasında aykırılık gösteren değerlere ait olacaktır. Şekil 7.6'da izlenen S grafiği ile maya üretiminin aykırı durumları 1, 2, 3 ve 4 noktaları olarak gözlemlenmektedir.



Şekil 7.6 Veri-1 kesikli maya üretimine ait S grafiği

EWMA grafikleri, proses ortalamasındaki değişmelere duyarlı, üstel-ağırlıklı ortalamayla çizdirilen başka bir istatistiksel analiz grafiğidir. Temelde ortalama değerlerden farklılıkları veya değişkenliklerdeki artışı tetkik etmek amacına yöneliktir. Veri-1 seti için Şekil 7.7'de çizdirilen EWMA grafiği ile, prosesteki aykırı durumlar 2, 3, 4 ve 5 noktaları olarak belirlenmiştir.



Şekil 7.7 Veri-1 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği

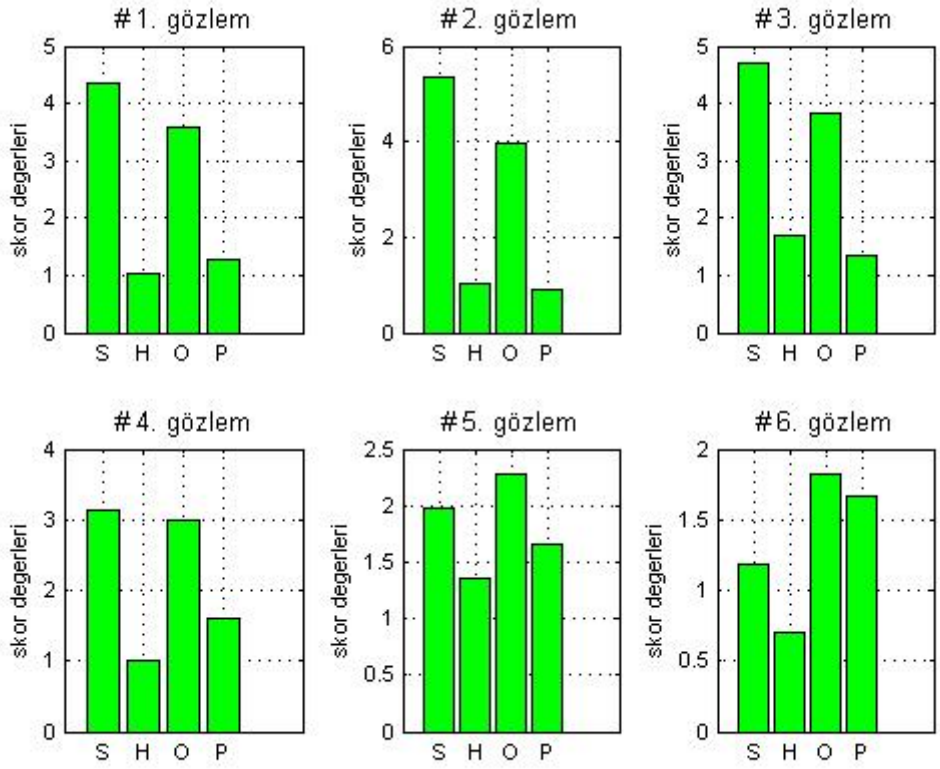
Hotelling T^2 grafiği, her bir gözlemin T^2 değerlerinin ortalama değerden sapma göstergesidir. Xbar (ortalamadan sapma değerleri) ve EWMA grafikleri de temelde ortalama değerlerden farklılıkları veya değişkenliklerdeki artışı tetkik etmek amacına yöneliktir. EWMA grafikleri, Xbar grafikleri ile büyük oranda benzerlikler gösterirler. Daha duyarlı bir grafik ise kalite kontrolü yapılacak örneklerin standart sapmalarına dayanan S (her bir ölçümün standart sapması) grafiğidir. Bu grafiklerden birinde gözlenen noktaların hepsinde çıkma zorunluluğu yoktur. Bunun sebebi tüm bu grafiklerin temelde farklı olması ve farklı özellikleri belirlemede kullanılıyor olmasıdır. Xbar yada EWMA grafiklerindeki aykırı noktalar, Hotelling T^2 yönteminde olduğu gibi ortalamadan sapmayı belirlese de, aynı mantıkla çalışan yöntemlerde bile farklı aykırı noktalar gözlemlemek mümkündür.

Çizelge 7.1 Veri-1 (97x4) seti aykırı gözlemleri

Veri-1					
	Skor	hotelling	Xbar	S	EWMA
1	✓ 1	✓ 1		✓ 1	
2	✓ 2	✓ 2		✓ 2	✓ 2
3	✓ 3	✓ 3		✓ 3	✓ 3
4	✓ 4			✓ 4	✓ 4
5	✓ 5		✓ 5		✓ 5
6					✓ 6

Yukarıdaki beş grafik ortak olarak incelendiğinde 1., 2., 3. ve 4. gözlemlerin kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür. 5. ve 6. gözlemlerin ise ikinci derecede önemli gözlemler olduğu ama her an sistemi aykırı duruma götürmek istediği söylenebilir (Çizelge 7.1).

Buraya kadar olan kısımda veri setinin geneline bakılarak hatalı gözlemler bulunmuştur. Şimdi ise aykırı kalan gözlemlerin katkı grafikleri çizdirilerek, hangi değişken/değişkenlerin bu gözlemler üzerinde etkili olduğu belirlenebilir (Şekil 7.8). Burada aykırı olan gözlemin Skor değerleri ele alınarak katkı grafikleri çizilmiştir. Çizelge 7.1'de bulunan örnek gözlemlere göre, 1. ve 2. ölçümlerde 1 no'lu değişkenin (*sıcaklık*), 3., 4. ve 5. gözlemlerde 1 ve 3 no'lu değişkenlerin (*sıcaklık ve çözünmüş oksijen*) ve 6.gözlemde ise 3 ve 4 no'lu değişkenlerin (*çözünmüş oksijen ve pH*) prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumlu olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 7.8 Veri-1 kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafiği (S-(Sıcaklık), H-(Hava Beslemesi), O-(Çözünmüş Oksijen), P-(pH))

7.2 Kesikli Maya Üretimi 2.Veri seti

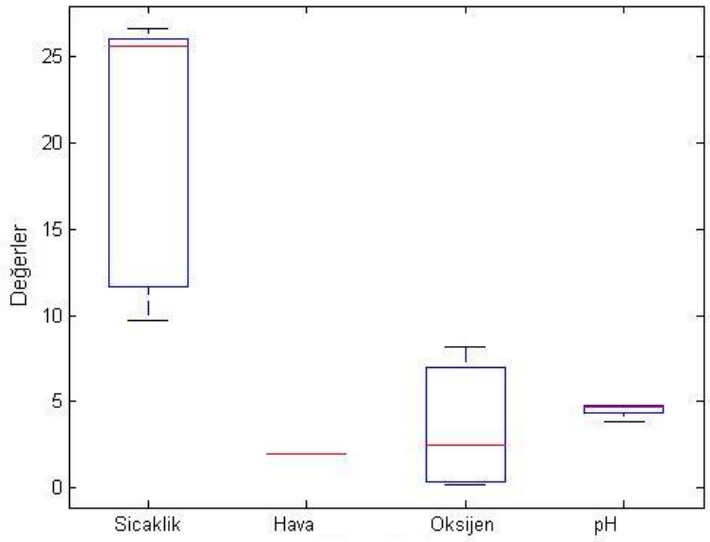
RT-SPAC programı ile gerçek zamanlı olarak takip edilmiş olan 2.veri seti, 97 gözlem ve 4 değişkenden oluşan kesikli maya üretimine aittir. Bu değişkenler sırayla; sıcaklık, hava beslemesi akış hızı, çözünmüş oksijen ve pH'dır. Üretimi temsil eden ham veri demeti Veri-2 (*97x4*) ise, Ek 14' de yer almaktadır.



Şekil 7.9 RT-SPAC ile Veri-2 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi

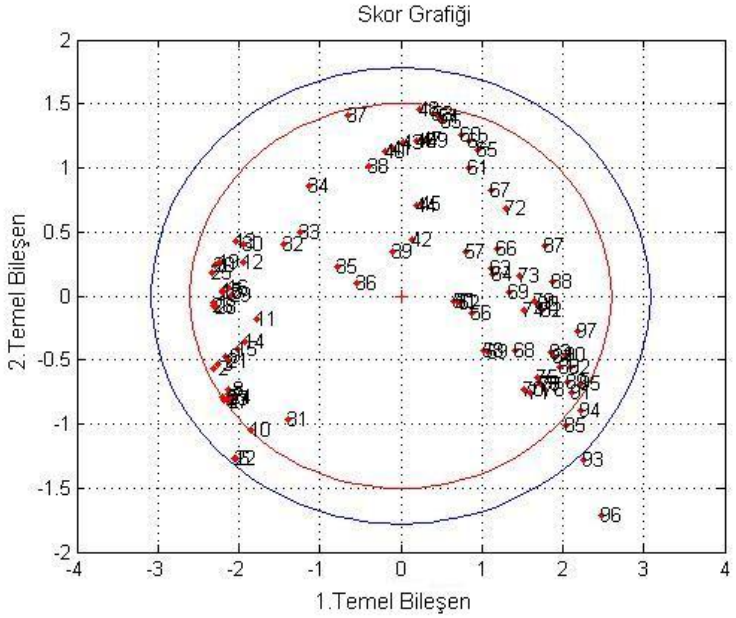
Şekil 7.9'de yer alan arayüz, gerçek zamanlı üretim takibi sırasında toplanan bu veri demeti için uygulanan istatistiksel yöntemlerin sonuçlarını yansıtmaktadır. Bu grafikler, bölüm içerisinde sırayla incelenerek, veri demetinin ve ait olduğu üretimin analizlenebilmesi hedeflenmiştir.

Veri-2'de yer alan kesikli maya üretimi için RT-SPAC arayüzünde çizdirilen ilk grafik, ölçülebilen değişkenlerin üretim süresince bulundukları durumu temsil eden genel dağılım grafiğidir. Grafik, ortam sıcaklığı verilerinin 10-25 ^{o}C aralığında değiştiği ve sisteme beslenen hava akış hızının da üretim süresince sabit değerlerde tutulabildiğini göstermektedir. Ortamdaki çözünmüş oksijen değerleri geniş bir alanda değişim gösterirken, pH verileri yaklaşık 5 civarında ve genelde aynı değer aralığında toplanmıştır (Şekil 7.10).



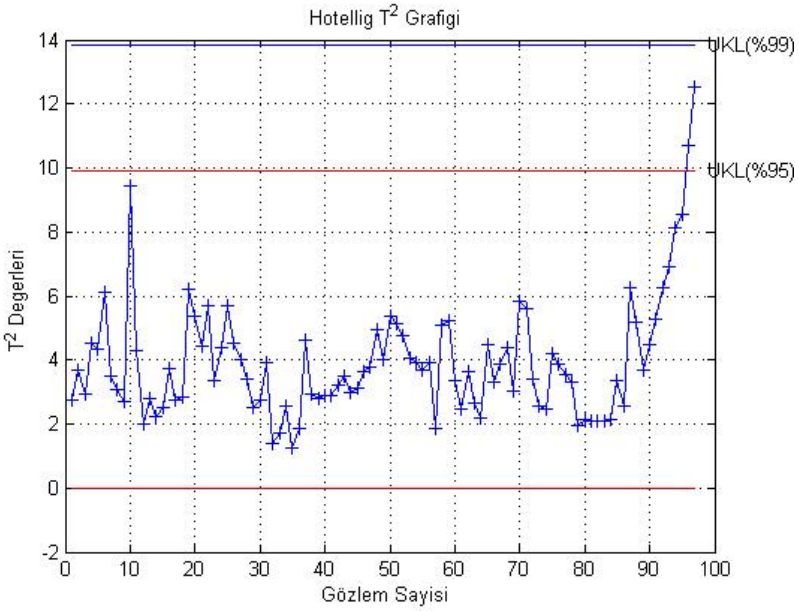
Şekil 7.10 Veri-2 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği

Şekil 7.11 da izlenen Skor grafiği, veri setinin ilk iki temel bileşenine göre çizdirilmesiyle elde edilmiştir. Skor grafiği incelendiğinde, 93 ve 96 değerleri, veri demetine oranla sapmaların gözlendiği aykırı noktalar olarak tespit edilmiştir.

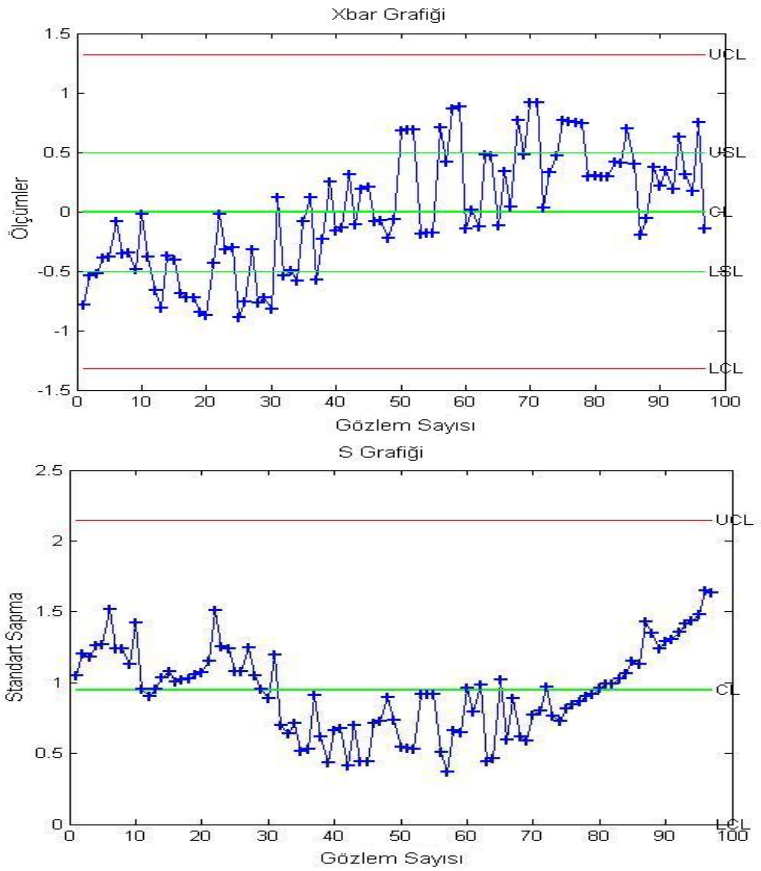


Şekil 7.11 Veri-2 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği

Şekil 7.12'de bulunan Hotelling T^2 grafiği ile maya üretimi genel olarak incelendiğinde, izin verilen alt ve üst limitleri zorlayan aykırı değerlere rastlanmamıştır.



Şekil 7.12 Veri-2 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği

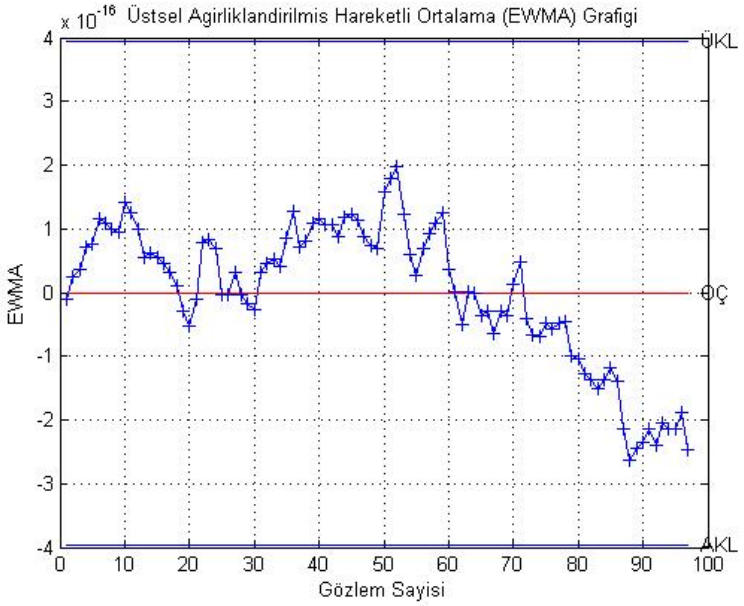


Şekil 7.13 Veri-2 kesikli maya üretimine ait Xbar ve S grafikleri

Veri-2 setinin ait olduğu üretime ait Xbar ve S grafikleri Şekil 7.13'te birlikte görülmektedir.

S grafiklerinin kendi belirlediği sınırların dışında izlenen aykırı değerler, aslında her bir ölçümün standart sapmaları arasında, Xbar grafikleri içinse bu ölçümlerin ortalama değerleri arasında aykırılık gösteren değerlere ait olacaktır. Şekil 7.13'de bulunan ve Veri-2 setine ait Xbar ve S grafikleri birlikte incelendiğinde bu sonuçları doğurabilecek aykırı noktalara rastlanmamaktadır.

EWMA grafikleri, proses ortalamasındaki değişmelere duyarlı, üstel-ağırlıklı ortalamayla çizdirilen başka bir istatistiksel analiz grafiğidir. Veri-2 seti için Şekil 7.14'te çizdirilen EWMA grafiği, Skor grafiği dışındaki tüm grafikleri doğrulayarak üretim sırasında rutin toplanmaları etkileyebilecek hatalı bir gözleme rastlamamıştır.

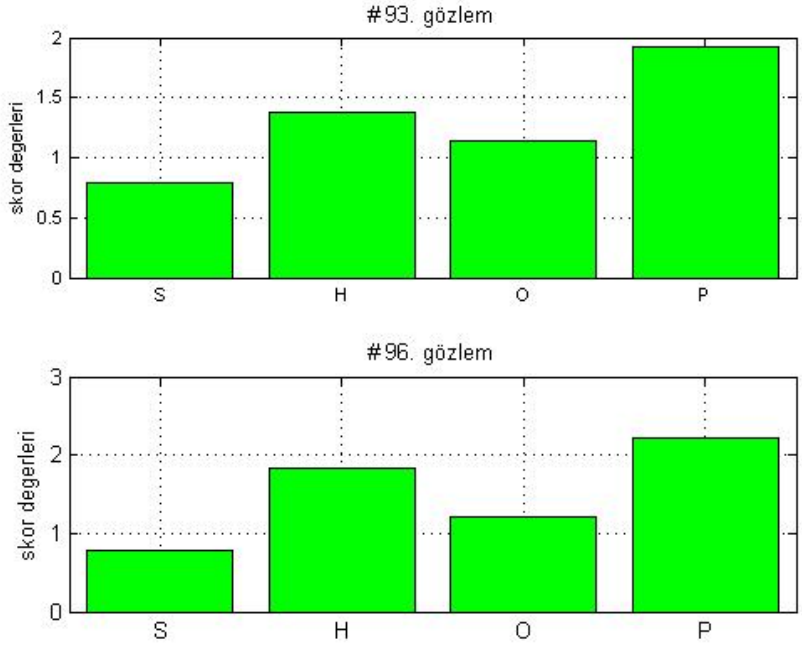


Şekil 7.14 Veri-2 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği

Çizelge 7.2 Veri-2 (97x4) seti aykırı gözlemleri

Veri-2					
	Skor	hotelling	Xbar	S	EWMA
93	✓ 93				
96	✓ 96				

Yukarıdaki beş grafik ortak olarak incelendiğinde, Skor grafiği ile saptanan 93. ve 96. gözlemlerin yalnız bir grafikte gözlemlenebilmesinden ötürü ikinci derecede önemli gözlemler olduğu ama her an sistemi aykırı duruma götürmek istediği söylenebilir (Çizelge 7.2). Bu iki aykırı gözlemin katkı grafikleri çizilerek hangi değişken/değişkenlerin bu gözlemler üzerinde etkili olduğu belirlenebilir (Şekil 7.15). Buna göre, 93. ve 96. ölçümlerde 2 ve 4 no'lu değişkenler (hava ve pH), prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumludur.



Şekil 7.15 Veri-2 kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafiği (S-(Sıcaklık), H-(Hava Beslemesi), O-(Çözünmüş Oksijen), P-(pH))

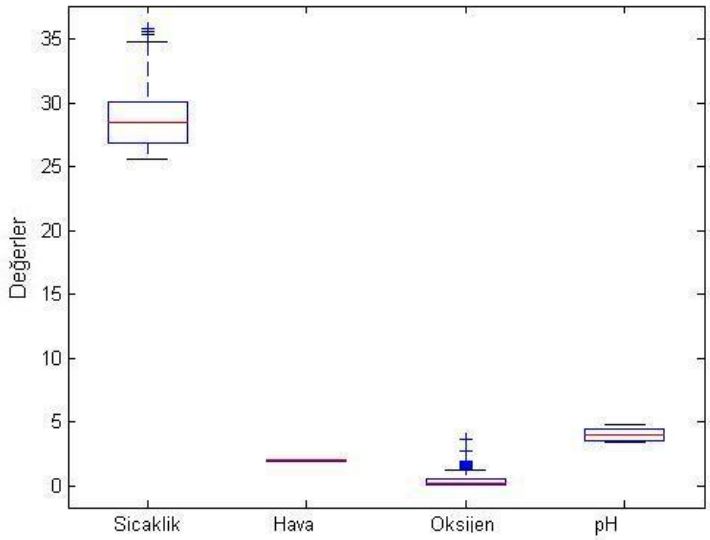
7.3 Kesikli Maya Üretimi 3.Veri seti

RT-SPAC programı üzerinde gerçek zamanlı olarak takip edilmiş üçüncü veri seti, Ek 15'te verilen ve 97 gözlem ve 4 değişkenden oluşan Veri-3 (*97x4*), kesikli maya üretimine aittir. Şekil 7.16'de yer alan RT-SPAC arayüzü, bu veri demeti için çizdirilen tüm istatistiksel grafikleri yansıtmaktadır.



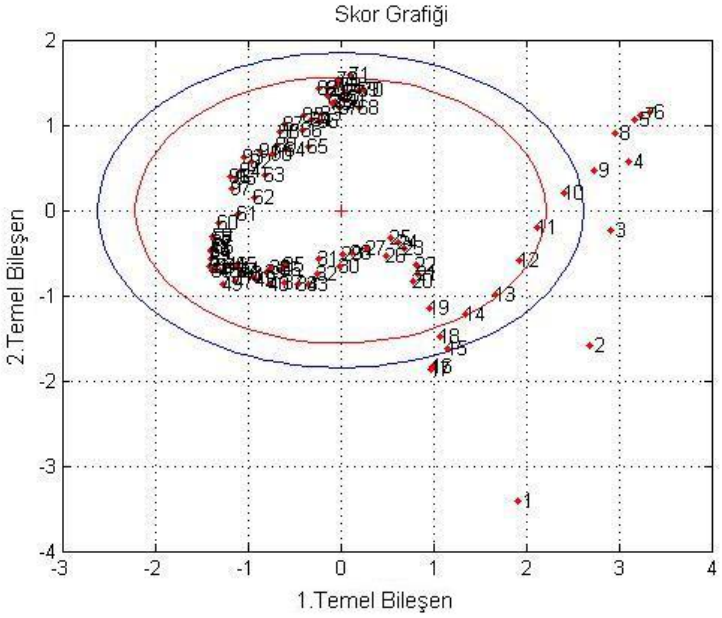
Şekil 7.16 RT-SPAC ile Veri-3 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi

Şekil 7.17 ile, arayüz yüzeyinden bağımsız olarak verilen Veri-3 maya üretimine ait genel dağılım grafiğinde, üretim boyunca ortam sıcaklığı verilerinin genelde 26-30 ^{o}C değerinde değiştiği, sisteme beslenen hava akış hızının ise sabit değerlerde seyrettiği gözlenmektedir. Ortamdaki çözünmüş oksijen değerleri 0 ile 4 aralığında değişirken, ortam pH verileri, 5 civarında ve genelde aynı değer aralığında toplanmıştır.



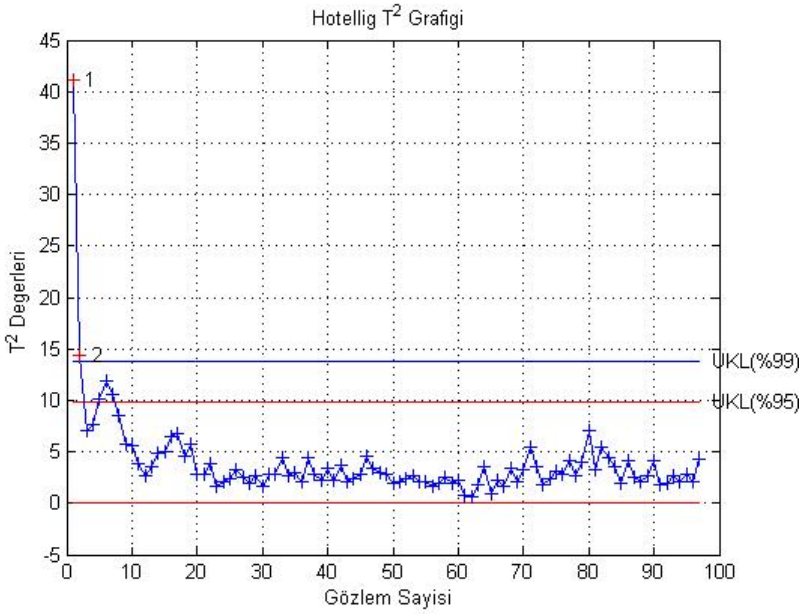
Şekil 7.17 Veri-3 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği

Şekil 7.18'de izlenen Skor grafiği, Veri-3 maya üretiminin ilk iki temel bileşene göre çizdirilmesiyle elde edilmiştir. Grafik üzerinden gözlemlenen aykırı ölçüm noktaları, rutin toplanmaların dışına çıkmış keskin noktalar üzerinden, aykırı ölçümlere dair sonuçlar verebilir. Bu halde 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 16 ve 17 değerleri veri demetine oranla sapmaların gözlendiği aykırı izlenim noktalarıdır.



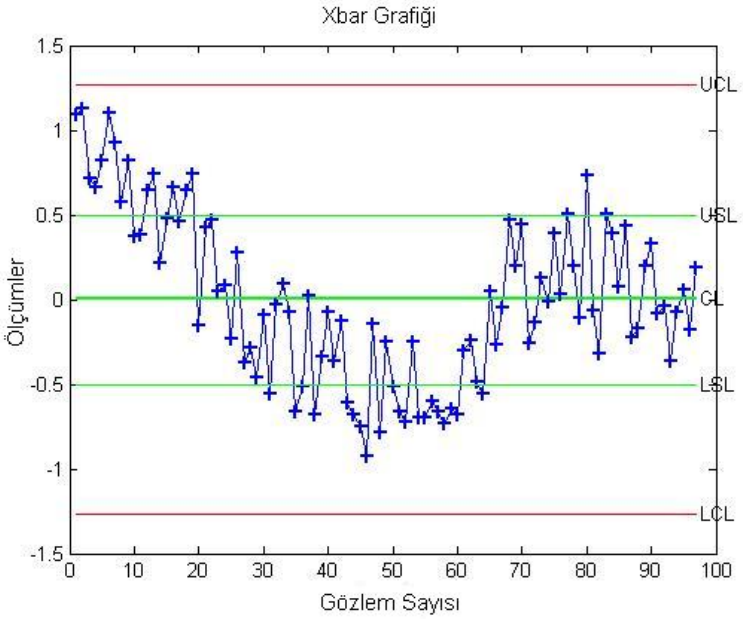
Şekil 7.18 Veri-3 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği

Şekil 7.19'da bulunan Hotelling T^2 grafiğinde ise, 1 ve 3 noktaları aykırı değerler olarak izlenebilmektedir.



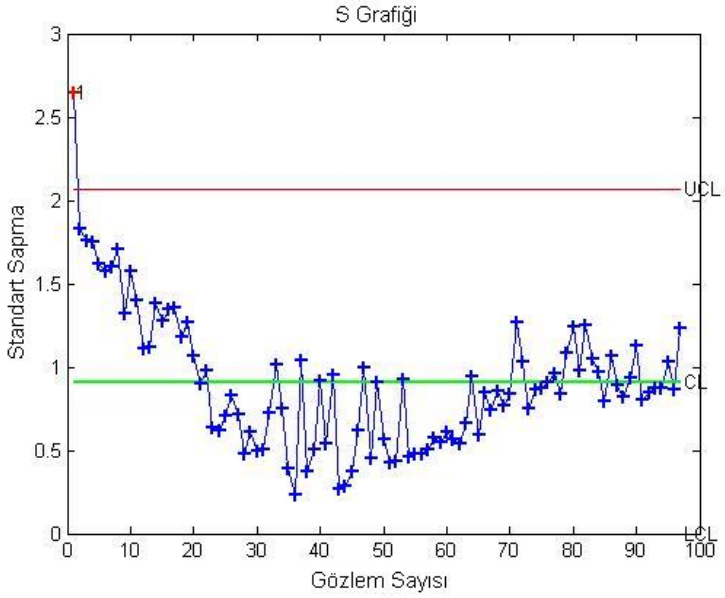
Şekil 7.19 Veri-3 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği

Şekil 7.20, Veri-3 seti için çizdirilen Xbar grafiğine aittir ve grafik genel olarak incelendiğinde, prosesi izin verilen kontrol limitleri dışına sürükleyen aykırı noktalara rastlanmamıştır.



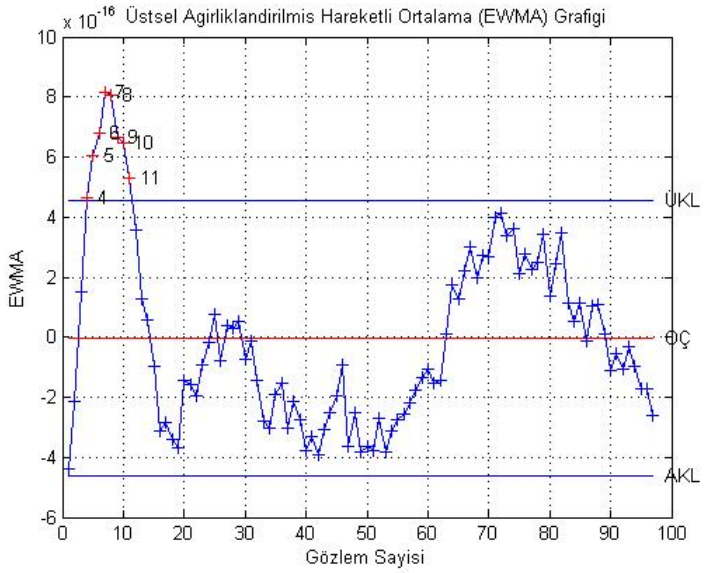
Şekil 7.20 Veri-3 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği

Veri-3 demetine ait S grafiği üzerinden izlenen aykırı değerler, aslında her bir ölçümün standart sapmaları arasında aykırılık gösteren değerlere ait olacaktır. Şekil 7.21'da izlenen S grafiği, bu maya üretiminin aykırı değerini yalnız 1 noktası olarak belirlemiştir.



Şekil 7.21 Veri-3 kesikli maya üretimine ait S grafiği

Şekil 7.22 EWMA grafiği, prosesteki aykırı durumlar için 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 11 noktalarını işaret etmektedir.



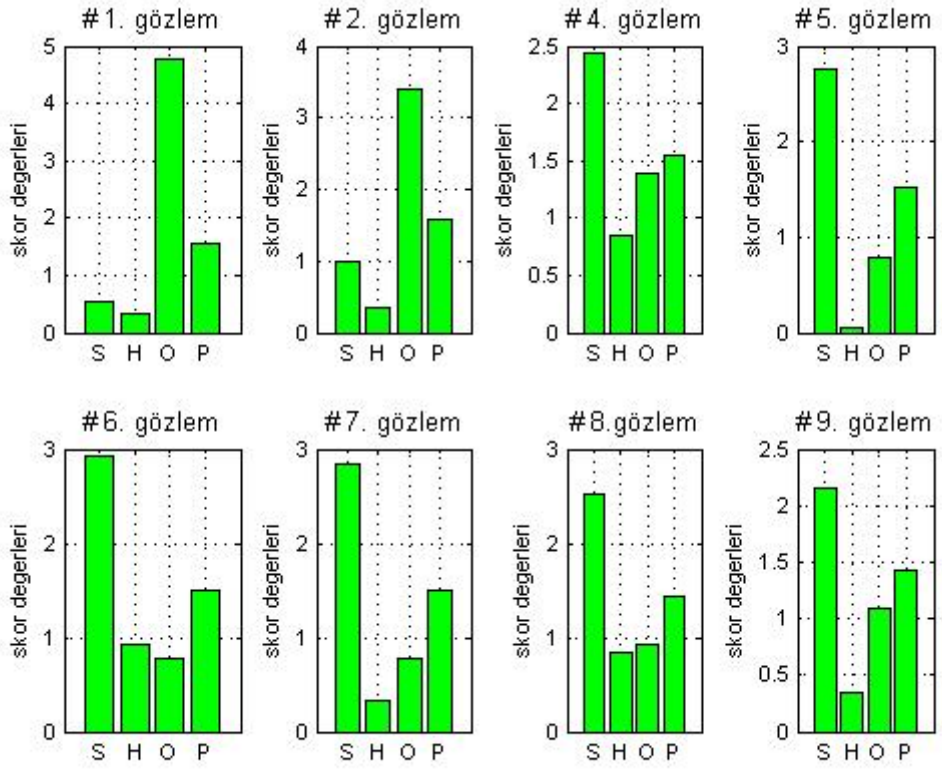
Şekil 7.22 Veri-3 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği

Çizelge 7.3 Veri-3 (97x4) seti aykırı gözlemleri

Veri-3					
	Skor	hotelling	Xbar	S	EWMA
1	✓ 1	✓ 1		✓ 1	
2	✓ 2	✓ 2			
3	✓ 3				
4-9	✓ 4-9				✓ 4-9
10-11					10-11
16-17	16-17				

Yukarıdaki beş grafik ortak olarak incelendiğinde, 1., 2., 4-9. gözlemlerin kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür (Çizelge 7.3). 10., 11. ve 16-17. gözlemlerin ise ikinci derecede önemli gözlemler olduğu ama her an sistemi aykırı duruma götürmek istediği söylenebilir.

Buraya kadar olan kısımda veri setinin geneline bakılarak hatalı gözlemler bulunmuştur. Şimdi ise aykırı kalan gözlemlerin katkı grafikleri çizilerek hangi değişken / değişkenlerin bu gözlemler üzerinde etkili olduğu belirlenebilir (Şekil 7.23). Burada aykırı olan gözlemin Skor değerleri ele alınarak katkı grafikleri çizilmiştir. Çizelge 7.3'te bulunan aykırı gözlemlere göre, 1. ve 2., ölçümlerde 3 no'lu değişken (çözünmüş o*ksijen*), 4., 5., 6., 7., 8. ve 9. ölçümlerde ise 1 no'lu değişken (sıcaklık), prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumludur.



Şekil 7.23 Veri-3 kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafiği
(S-(Sıcaklık), H-(Hava Beslemesi), O-(Çözünmüş Oksijen), P-(pH))

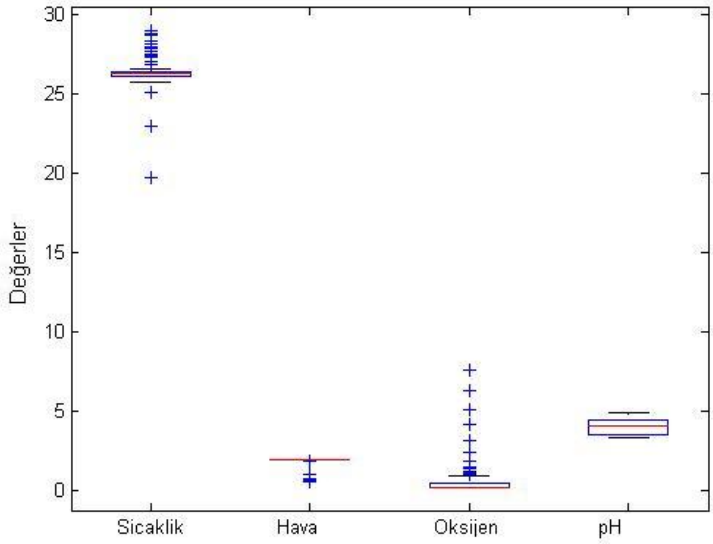
7.4 Kesikli Maya Üretimi 4.Veri seti

RT-SPAC programı ile gerçek zamanlı olarak takip edilmiş olan 4.veri seti, 97 gözlem ve 4 değişkenden oluşan kesikli maya üretimine aittir. Bu değişkenler sırayla; sıcaklık, hava beslemesi akış hızı, çözünmüş oksijen ve pH 'dır. Üretimi temsil eden ham veri demeti Veri-4 (*97x4*), Ek 16' te yer almaktadır.



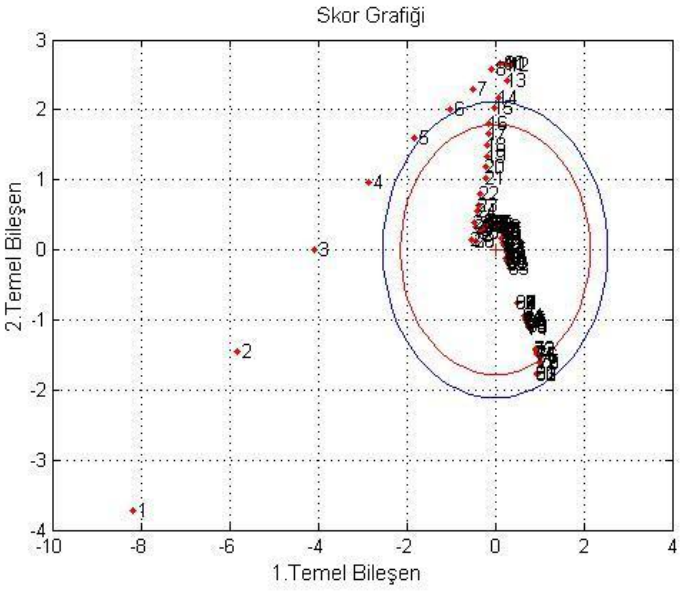
Şekil 7.24 RT-SPAC ile Veri-4 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi

Ek 16'da bulunan maya üretimi için RT-SPAC arayüzünde çizdirilen ilk grafik, ölçülebilen değişkenlerin üretim süresince bulundukları durumu temsil eden Şekil 7.25 genel dağılım grafiğidir. Grafik ile, üretim süresince ortam sıcaklığının genelde 26^{o}C değerinde değiştiği ve sisteme beslenen hava akış hızının sabit değerlerde tutulabildiği gözlenmektedir. Reaktörde üretim süresince takip edilebilen çözünmüş oksijen değerleri daha geniş bir yelpazede değişim gösterirken, ortam pH'ı verileri 4 civarında ve genelde aynı değer aralığında toplanmıştır. RT-SPAC programın off-line arayüzünde ilk olarak çizdirilen bu genel dağılım grafiği ile, değişkenlerden kaynaklanan büyük sapmalar ve ani değişimler hakkında genel bir izlenim edinilebilmektedir.



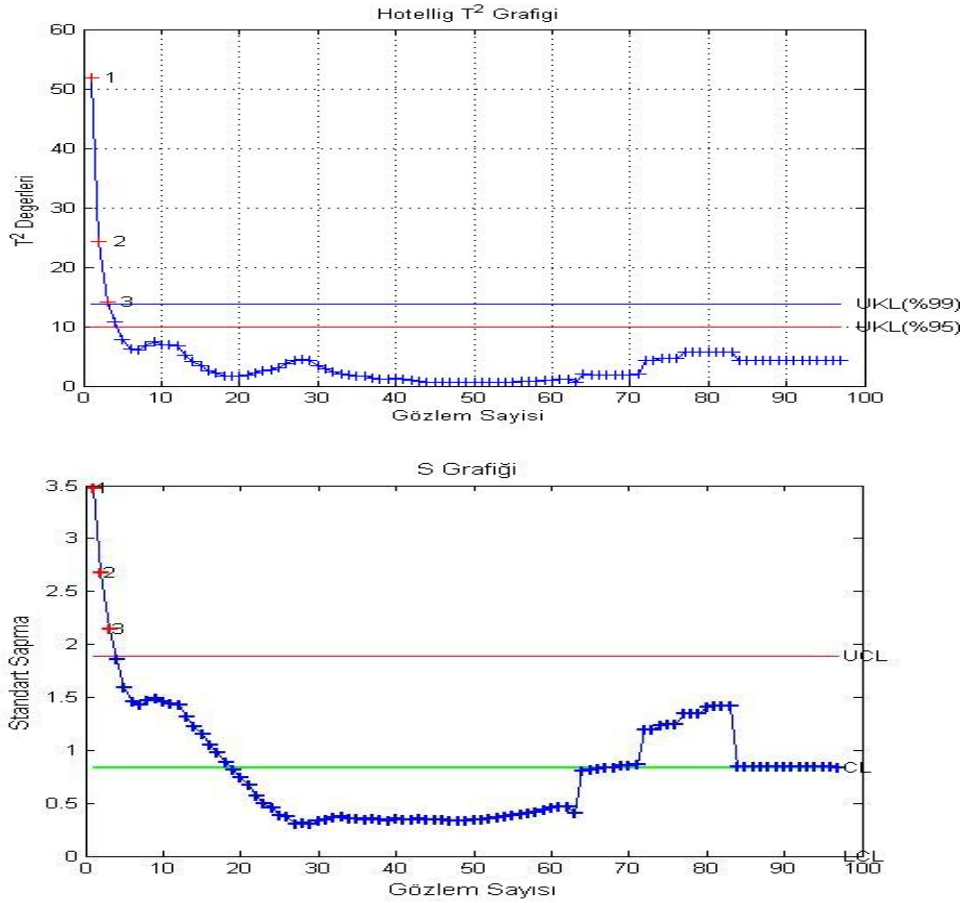
Şekil 7.25 Veri-4 kesikli maya üretimine ait genel dağılım grafiği

Skor matrisi ile gözlem değerlerinin hangilerinin aykırı kaldığı hedeflenmektedir. Şekil 7.26'de izlenen Skor grafiği, bu veri demetinin ilk iki temel bileşene göre çizdirilmesiyle elde edilmiştir. Grafik, rutin toplanmaların dışına çıkmış keskin noktalar üzerinden, aykırı ölçümlere dair sonuçlar verebilir. Bu halde 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ve 14 değerleri veri demetine oranla sapmaların gözlendiği hatalı gözlemlerdir.



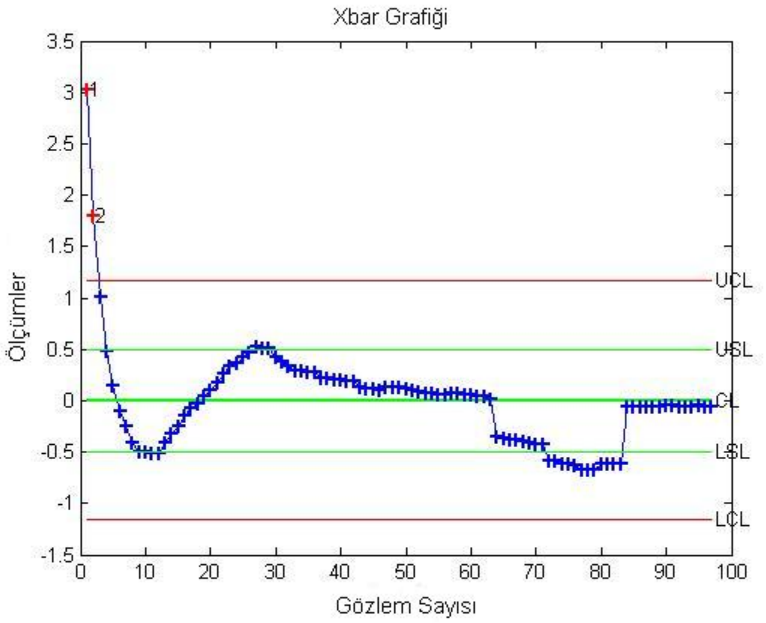
Şekil 7.26 Veri-4 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği

Hotelling T^2 ve S grafikleri Şekil 7.27'de birlikte görülmektedir. Hotelling T^2 grafiği üzerinden saptanan 1, 2 ve 3 aykırı gözlemleri ile, S grafiğinde izlenen aykırı gözlemler uyumluluk göstermektedir.



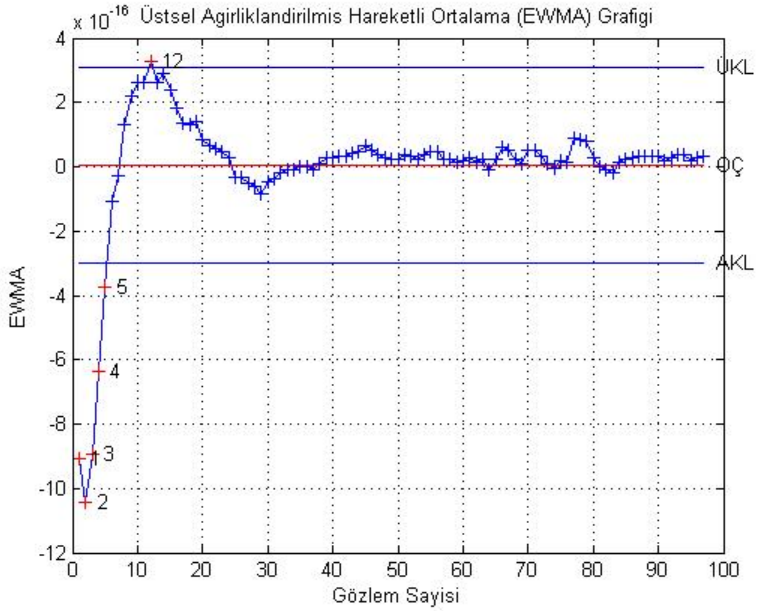
Şekil 7.27 Veri-4 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 ve S grafikleri

Şekil 7.28'de bulunan ve Veri-4 setine ait Xbar grafiğinin alt ve üst limitler dışında kalan noktaları genel olarak incelendiğinde, aykırı değerler 1 ve 2 noktalarında gözlenmiştir.



Şekil 7.28 Veri-4 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği

Şekil 7.29'de EWMA grafiği verilmektedir. Grafik üzerinden 1, 2, 3, 4, 5 ve 12 noktaları prosesteki aykırı durumlar olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7.29 Veri-4 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği

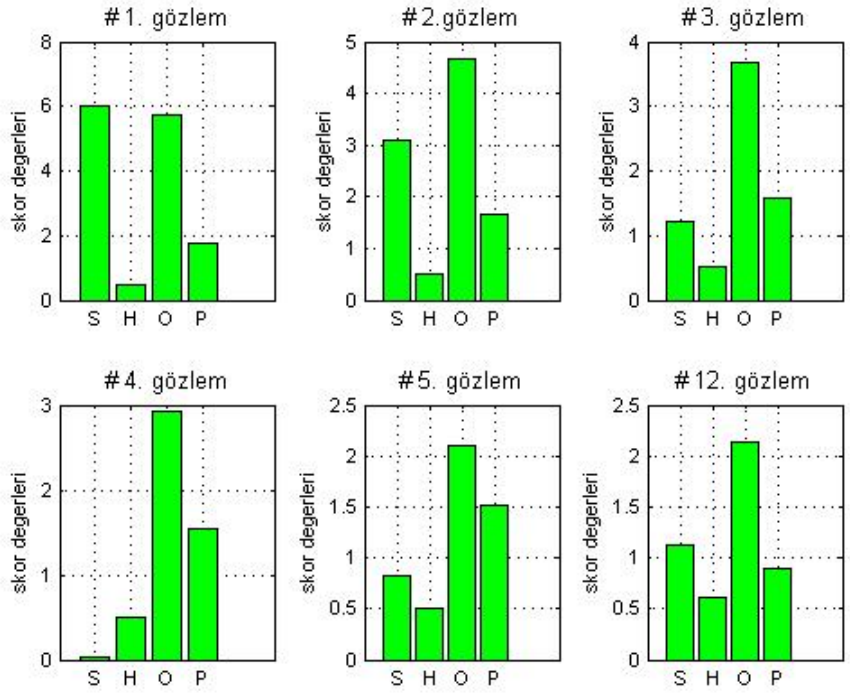
Beş ayrı kontrol grafiği göz önüne alındığında (çizelge 7.4), kontrol dışı gözlemlerin tayininde Skor grafiğinin sonuçları ile EWMA grafiğinin sonuçlarının birbirine benzer olduğu, 1, 2 ve 3 no'lu gözlemlerin ise tüm grafikler için kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür.

Çizelge 7.4 Veri-4 (97x4) seti aykırı gözlemleri

Veri-4					
	Skor	Hotelling T^2	Xbar	S	EWMA
1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1
2	✓ 2	✓ 2	✓ 2	✓ 2	✓ 2
3	✓ 3	✓ 3		✓ 3	✓ 3
4	✓ 4				✓ 4
5	✓ 5				✓ 5
6-11	6-11				
12	✓ 12				✓ 12
13-14	13-14				

Yukarıdaki beş grafik ortak olarak incelendiğinde, 1., 2., 3., 4., 5. ve 12. gözlemlerin kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür (Çizelge 7.4). 6-11. ve 13-14. gözlemlerin ise ikinci derecede önemli gözlemler olduğu ama her an sistemi aykırı duruma götürmek istediği söylenebilir.

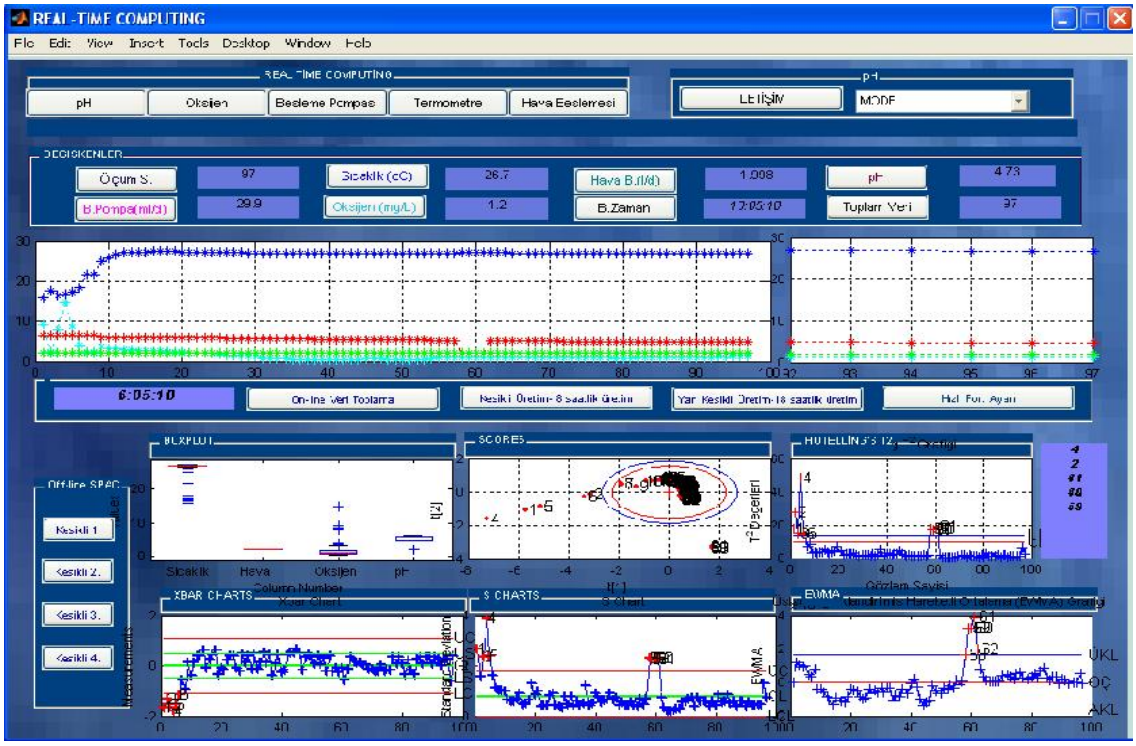
Buraya kadar olan kısımda veri setinin geneline bakılarak hatalı gözlemler bulunmuştur. Şimdi ise aykırı kalan gözlemlerin katkı grafikleri çizilerek hangi değişken/değişkenlerin bu gözlemler üzerinde etkili olduğu belirlenebilir. Burada aykırı olan gözlemin Skor değerleri ele alınarak katkı grafikleri çizilmiştir. Çizelge 7.4'te bulunan örnek gözlemlere göre, 1. gözlemde 1 ve 3 no'lu değişkenler (sıcaklık ve çözünmüş o*ksijen*), 2., 3., 4., 5. ve 12. gözlemlerde 3 no'lu değişken (çözünmüş o*ksijen*) prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumludurlar.



Şekil 7.30 Veri-4 kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafiği
(S-(Sıcaklık), H-(Hava Beslemesi), O-(Çözünmüş Oksijen), P-(pH))

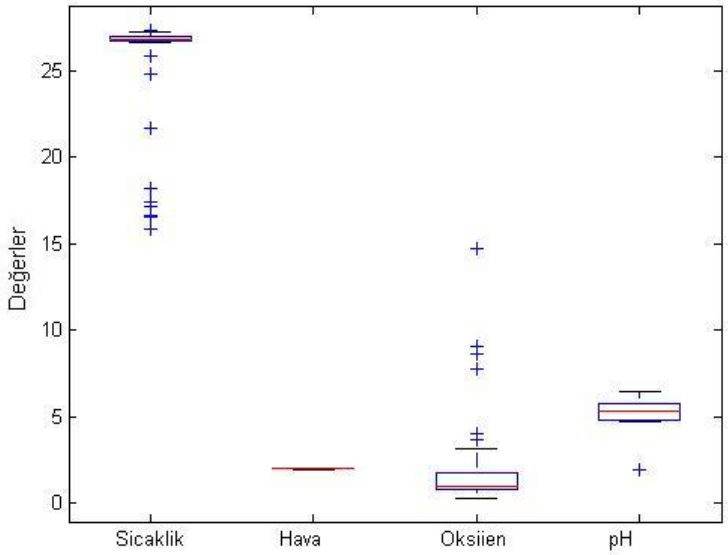
7.5 RT-SPAC ile Kesikli Maya Üretimi 5.Veri seti

İncelenecek beşinci veri seti, RT-SPAC programı ile, istatistiksel analiz grafikleri eşliğinde gerçek zamanlı olarak takip edilmiş olan ve Ek 17'de verilen kesikli maya üretimine aittir. 97 gözlem ve 4 değişkenden oluşan bu kesikli maya üretiminde yer alan değişkenler sırayla; sıcaklık, hava beslemesi akış hızı, çözünmüş oksijen ve pH 'dır. Üretim sırasında, gerçek zamanlı sistem takibi ve istatistiksel analiz grafikleri birlikte hareket ederek, anlık toplanan her veri demeti yine anlık olarak analizlenebilmiştir. Maya üretiminin 58-61. veri demetleri için, ölçüm zamanında, ortamın pH değeri kuvvetli bir asit eşliğinde düşürülmüştür. Bu işlem, arayüz üzerindeki anlık değişken değerleri pencerelerinde ve istatistiksel analiz grafiklerinde tespit edilmiş, sonrasında kuvvetli bir baz ilavesiyle ortam ilk pH değerine getirilmiştir (Şekil 7.31).



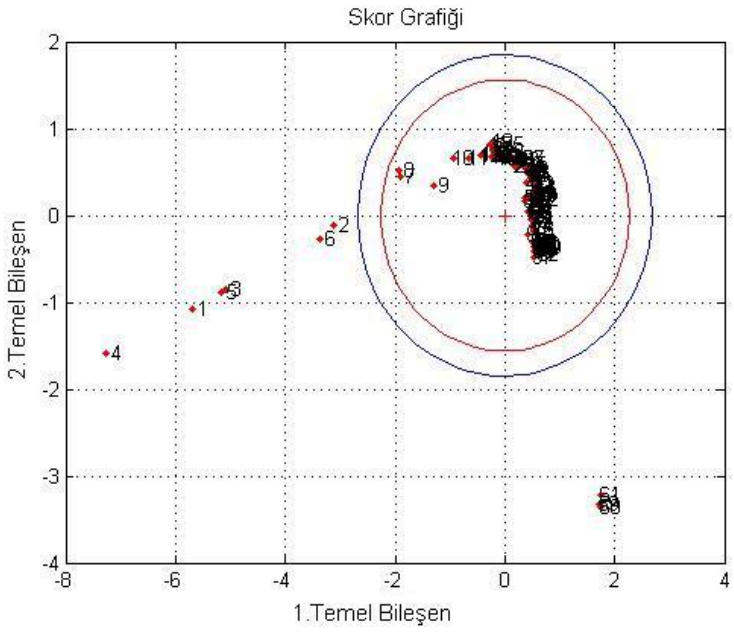
Şekil 7.31 RT-SPAC ile Veri-5 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi

Ek 17'de bulunan *Veri-5* maya üretimine için, RT-SPAC arayüzünde gerçek zamanlı olarak çizdirilen ilk grafik, ölçülebilen değişkenlerin üretim süresince bulundukları durumu temsil eden genel dağılım grafiğidir (Şekil 7.32). Grafik ile, üretim süresince ortam sıcaklığının değişiklikler gösterdiği, sisteme beslenen hava akış hızının ise sabit değerlerde tutulabildiği gözlenmektedir. Reaktörde üretim süresince takip edilebilen çözünmüş oksijen değerleri daha geniş bir yelpazede değişirken, ortam pH'ı verilerinin kısa süreli oynaması grafiğe yansımış ve bunun dışında ortamın pH değerleri genelde aynı dar aralıkta toplanmıştır. Üretim sırasında toplanan her veri demeti ile paralel olarak RT-SPAC arayüzünde çizdirilen bu genel dağılım grafiği, değişkenlerden kaynaklanan büyük sapmalar ve ani değişimler hakkında genel bir ilk izlenim verebilmektedir.



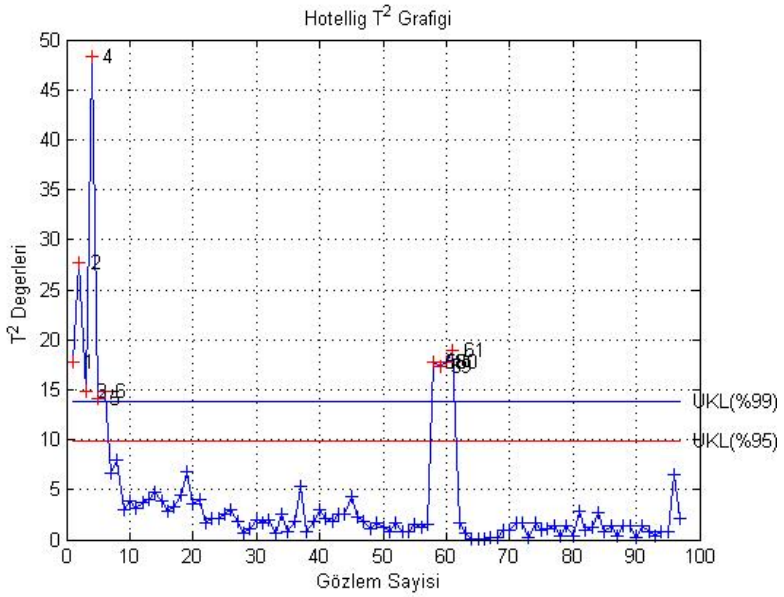
Şekil 7.32 Veri-5 kesikli maya üretimine ait değişkenlerin dağılım grafiği

RT-SPAC arayüzü üzerinde, genel dağılım grafiğinin ardından Skor grafiği izlenerek, gözlem değerlerinin hangilerinin aykırı kaldığının saptanabilmesi hedeflenmektedir. Şekil 7.33'te daha ayrıntılı izlenen Skor grafiği ile, rutin toplanmaların dışına çıkmış keskin noktalar, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 59, 61 ve 68 noktalarında izlenmektedir.



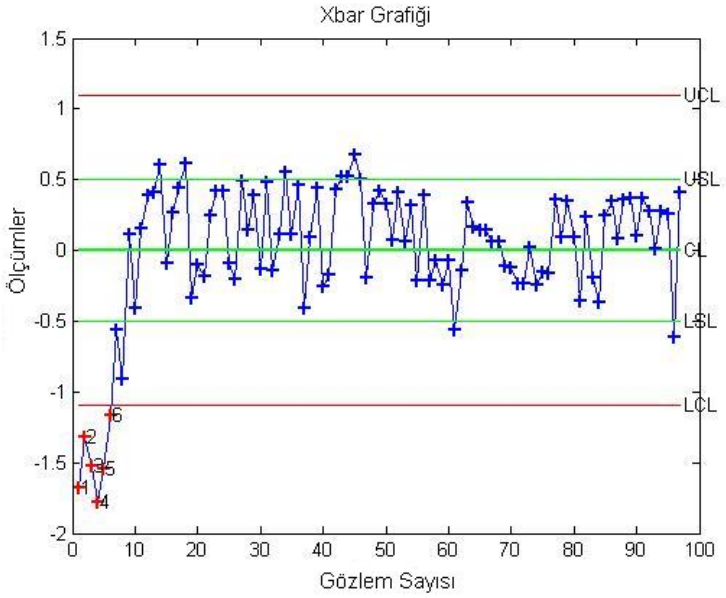
Şekil 7.33 Veri-5 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği

Skor grafikleri, temel bileşenler üzerinden çizdirilerek aykırı gözlemlerin bulunmasında kullanılan ve Hotelling T^2 grafikleri ile büyük oranda paralellikler gösteren bir TBA yöntemidir. Şekil 7.34'te bulunan Hotelling T^2 grafiği genel olarak incelendiğinde, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 58, 59, 60 ve 61 noktaları aykırı değerler olarak saptanmıştır.



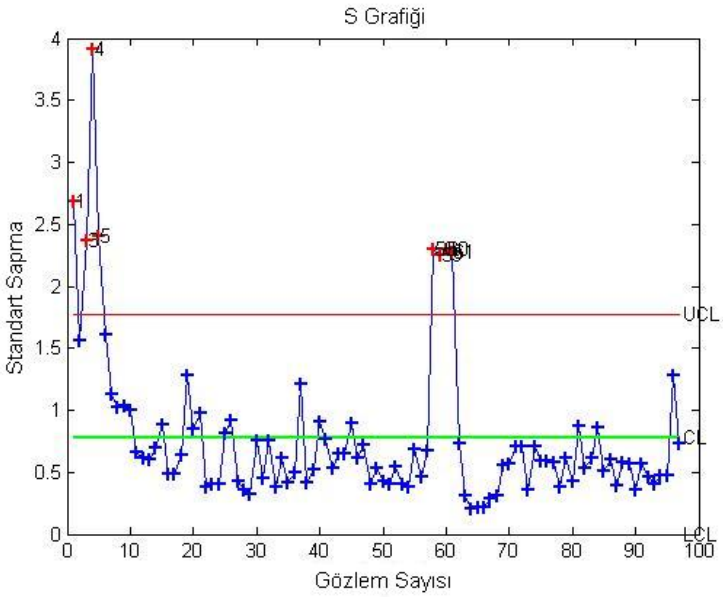
Şekil 7.34 Veri-5 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği

Şekil 7.35 Xbar grafiği genel olarak incelendiğinde, prosesteki aykırı durumlar 1-6 noktaları olarak izlenmektedir.



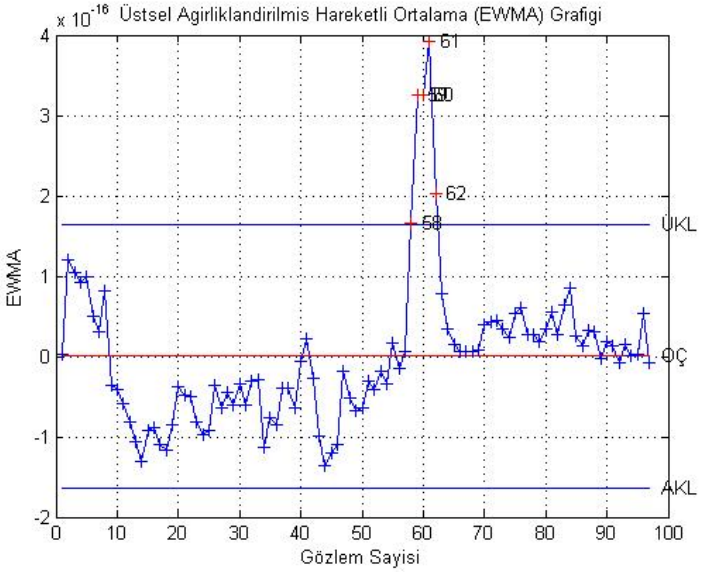
Şekil 7.35 Veri-5 kesikli maya üretimine ait Xbar grafiği

Şekil 7.36'da izlenen S grafiği, Veri-5 demetinde yer alan maya üretiminin aykırı durumlarını, 1, 3, 4, 5, 58, 59, 60 ve 61 noktaları olarak işaretlemektedir.



Şekil 7.36 Veri-5 kesikli maya üretimine ait S grafiği

EWMA grafikleri, proses ortalamasındaki değişmelere duyarlı, üstel-ağırlıklı ortalamayla çizdirilen başka bir istatistiksel analiz grafiğidir. Veri-5 seti için Şekil 7.37'de çizdirilen EWMA grafiği, prosesteki aykırı durumları 58, 59, 60, 61 ve 62 noktaları olarak belirlenmiştir.



Şekil 7.37 Veri-5 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği

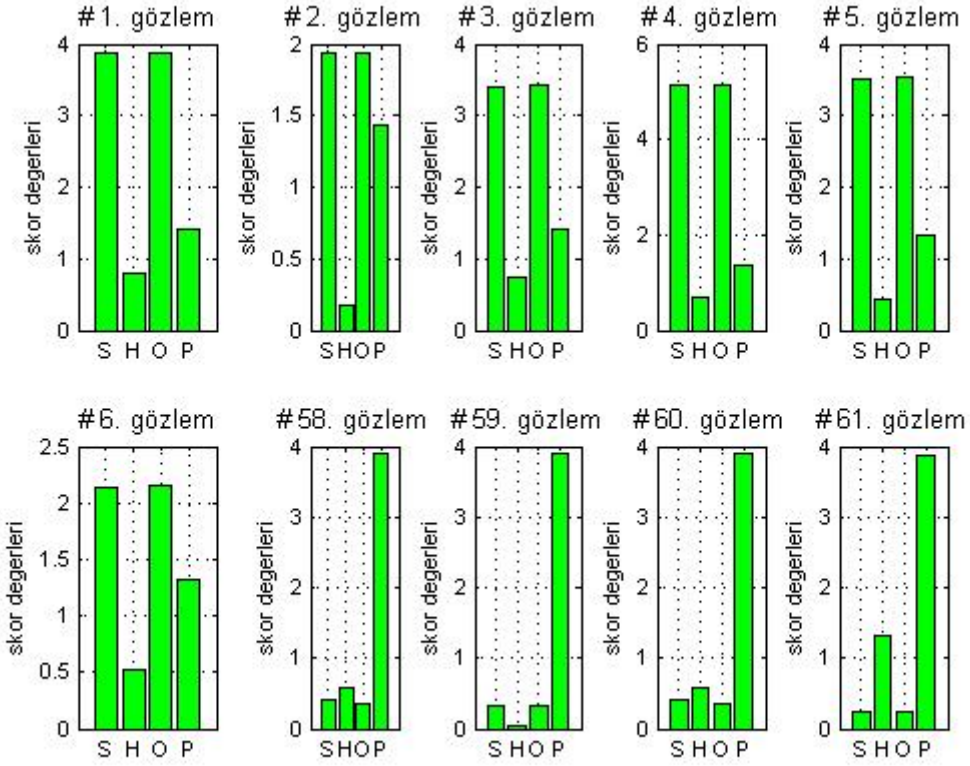
Hotelling T^2 grafiği, her bir gözlemin T^2 değerlerinin ortalama değerden sapma göstergesidir. Xbar (ortalamadan sapma değerleri) ve EWMA grafikleri de temelde ortalama değerlerden farklılıkları veya değişkenliklerdeki artışı tetkik etmek amacına yöneliktir. EWMA grafikleri, Xbar grafikleri ile büyük oranda benzerlikler gösterirler. Daha duyarlı bir grafik ise kalite kontrolü yapılacak örneklerin standart sapmalarına dayanan S (her bir ölçümün standart sapması) grafiğidir. Bu grafiklerden birinde gözlenen noktaların hepsinde çıkma zorunluluğu yoktur. Bunun sebebi tüm bu grafiklerin temelde farklı olması ve farklı özellikleri belirlemede kullanılıyor olmasıdır. Xbar yada EWMA grafiklerindeki aykırı noktalar, Hotelling T^2 yönteminde olduğu gibi ortalamadan sapmayı belirlese de, aynı mantıkla çalışan yöntemlerde bile farklı aykırı noktalar gözlemlemek normaldir.

Çizelge 7.5 Veri-5 (97x4) seti aykırı gözlemleri

Veri-5					
	Skor	hotelling	Xbar	S	EWMA
1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	
2	✓ 2	✓ 2	✓ 2		
3-5	✓ 3-5	✓ 3-5	3-5	3-5	
6	✓ 6	✓ 6	✓ 6		
58		✓ 58		✓ 58	✓ 58
59	✓ 59	✓ 59		✓ 59	✓ 59
60		✓ 60		✓ 60	✓ 60
61	✓ 61	✓ 61		✓ 61	✓ 61
62					✓ 62
68	✓ 68				

Yukarıdaki beş grafik ortak olarak incelendiğinde, 1-6. ve 58-61. gözlemlerin kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür (Çizelge 7.5).

Buraya kadar olan kısımda veri setinin geneline bakılarak hatalı gözlemler bulunmuştur. Şimdi ise aykırı kalan gözlemlerin katkı grafikleri çizilerek hangi değişken/değişkenlerin bu aykırı gözlemler üzerinde etkili olduğu belirlenebilir. Çizelge 7.5'de bulunan örnek gözlemlere göre, 1-6. ölçümlerde 1 ve 3 no'lu değişkenler (*sıcaklık ve* çözünmüş o*ksijen*) ve 58-61. gözlemler içinde beklendiği gibi 4 no'lu değişken (pH) prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumludur.

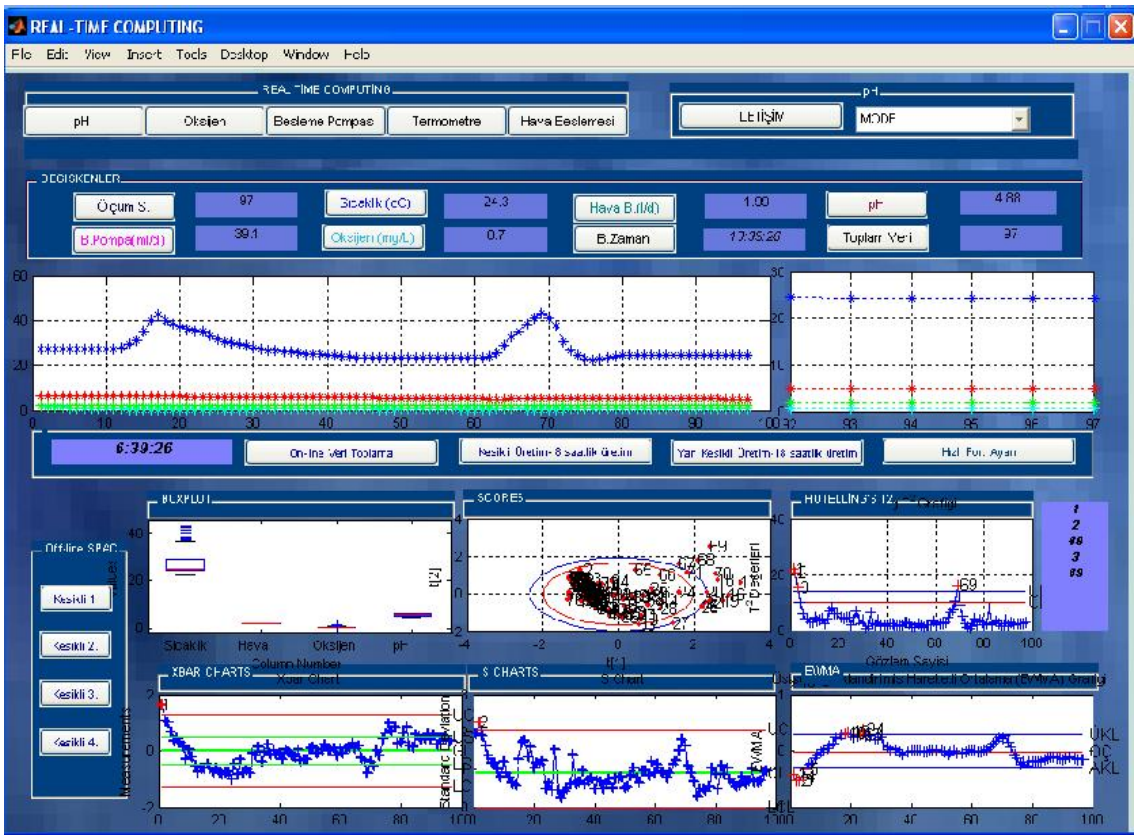


Şekil 7.38 Veri-5 kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerinin katkı grafiği
(S-(Sıcaklık), H-(Hava Beslemesi), O-(Çözünmüş Oksijen), P-(pH))

7.6 Kesikli Maya Üretimi 6.Veri seti

İncelenecek son veri seti, RT-SPAC arayüzünde yer alan istatistiksel analiz grafikleri eşliğinde ve gerçek zamanlı olarak takip edilmiş olan, Ek 18'de verilen kesikli maya üretimine aittir. Şekil 7.39'da yer alan RT-SPAC arayüzü, üretim sırasında toplanan

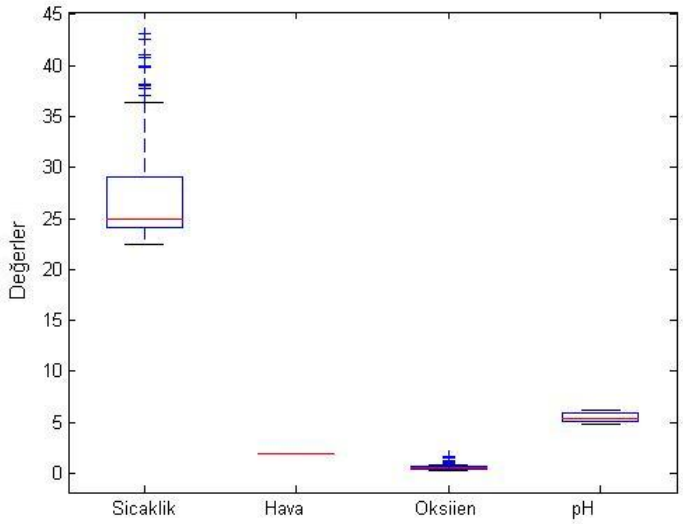
veri demeti üzerine anlık çizdirilen istatistiksel grafikleri yansıtmaktadır. Üretim sırasında, gerçek zamanlı sistem takibi ve istatistiksel analiz grafikleri birlikte hareket ederek, toplanan her veri demeti yine anlık olarak analizlenebilmiştir. Gerçek zamanlı olarak ve anlık istatistiksel analiz grafikleri eşliğinde izlenen bu üretim, iki farklı ölçüm zamanında, ortamının sıcaklığını düzenleyen ceket suyu sıcaklığının rutin değerlerinden farklı olarak aniden değiştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Şekil 7.39'da bulunan arayüz, bu ani değişimlerinin istatistiksel grafiklerle de tespit edilebildiğini göstermektedir.



Şekil 7.39 RT-SPAC ile Veri-6 kesikli maya üretimine ait veri setinin istatistiksel analizi

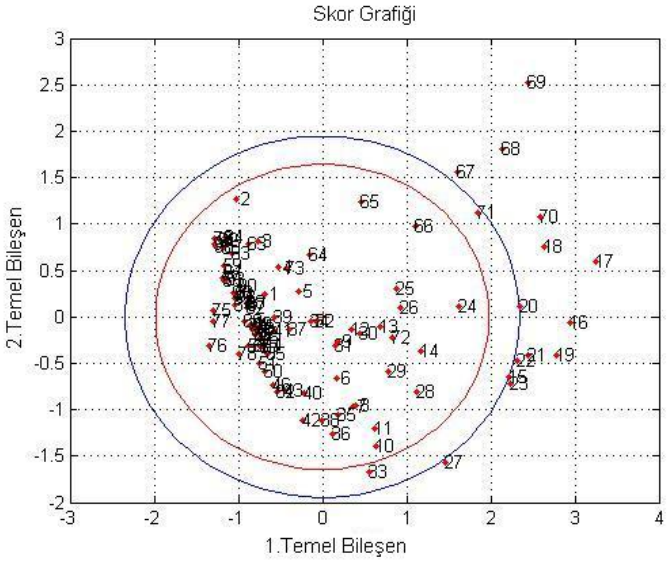
Ek 18'de bulunan ve *Veri-6* demetiyle temsil edilen bu maya üretimi için, gerçek zamanlı olarak çizdirilen ilk istatistiksel grafik, RT-SPAC arayüzünde de izlenen genel dağılım grafiğidir (Şekil 7.40). Grafik, ortam sıcaklığı verilerindeki ani değişimleri yansıtabilmektedir. Bunun yanında, sisteme beslenen hava akış hızı üretim süresince

sabit değerlerlerde tutulabilmiştir. Ortamdaki çözünmüş oksijen değişimi genel olarak aynı aralıkta izlenirken, ortam pH verileri, yaklaşık 4-6 değer aralığında toplanmıştır.



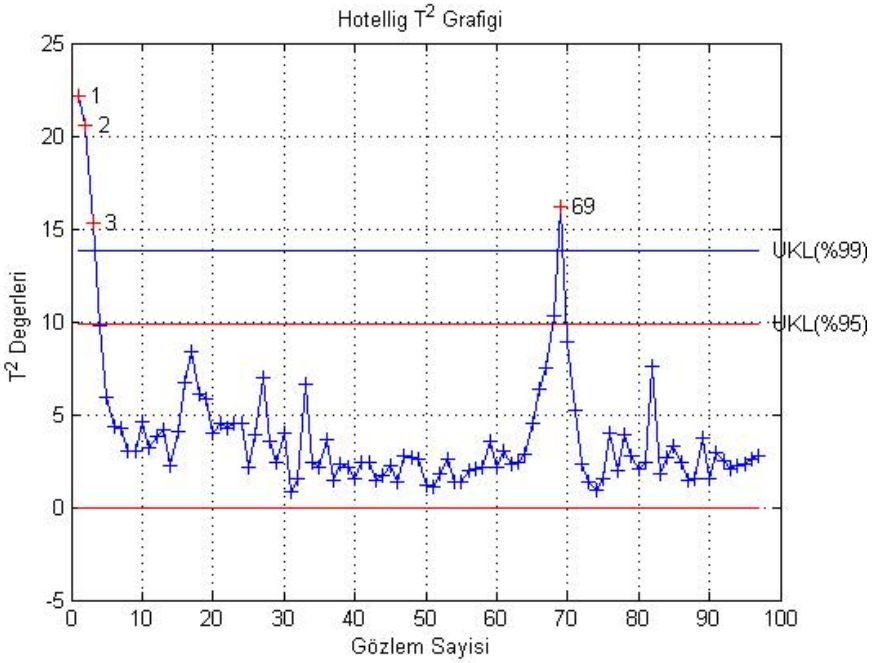
Şekil 7.40 Veri-6 kesikli maya üretimine ait değişkenlerin dağılım grafiği

Şekil 7.41 ile izlenen Skor grafiği, *Veri-6* demetinin ilk iki temel bileşene göre çizdirilmesiyle elde edilmiştir. Grafik, rutin toplanmaların dışına çıkmış keskin noktalar üzerinden, aykırı ölçümlere dair sonuçlar verebilir. Bu halde 1-6, 59, 61 ve 68 değerleri veri demetine oranla sapmaların gözlendiği aykırı izlenim noktalarıdır.



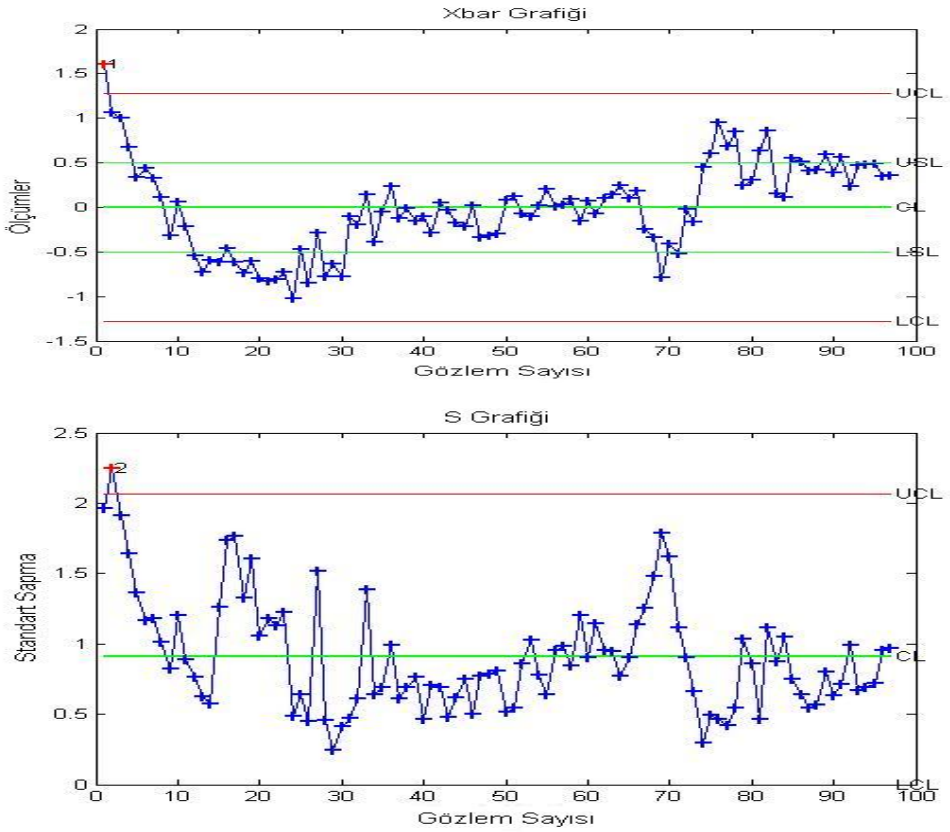
Şekil 7.41 Veri-6 kesikli maya üretimine ait Skor grafiği

Hotelling T^2 grafikleri, temel bileşenler üzerinden çizdirilerek aykırı gözlemlerin bulunmasında kullanılan ve Skor grafikleri ile büyük oranda paralellikler gösteren, TBA kapsamında kullanılan etkili bir yöntemdir. Şekil 7.42'de bulunan Hotelling T^2 grafiği genel olarak incelendiğinde, 1., 2., 3. ve 69. noktalar aykırı değerler olarak izlenebilmektedir.



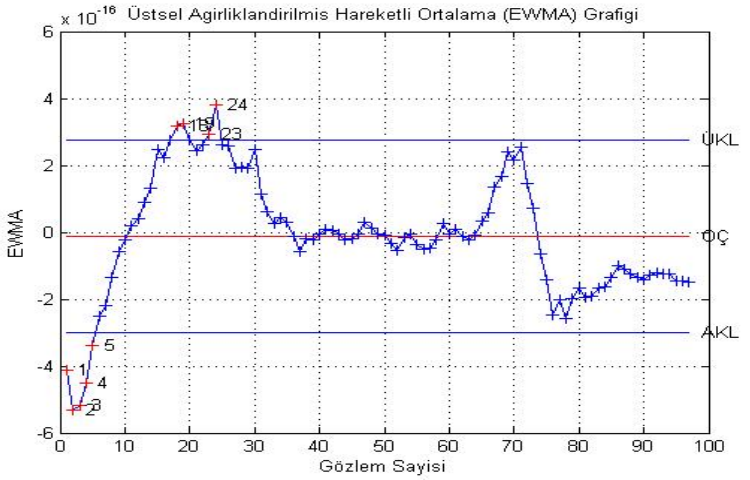
Şekil 7.42 Veri-6 kesikli maya üretimine ait Hotelling T^2 grafiği

Şekil 7.43'de bulunan ve Veri-1 setine ait Xbar ve S grafikleri birlikte incelendiğinde, aykırı gözlemler Xbar grafiğinde yalnız 1 ve S grafiğinde yalnız 2 noktalarında gözlenmektedir.



Şekil 7.43 Veri-6 kesikli maya üretimine ait Xbar ve S grafikleri

EWMA grafikleri, proses ortalamasındaki değişmelere duyarlı, üstel-ağırlıklı ortalamayla çizdirilen başka bir istatistiksel analiz grafiğidir. Veri-6 seti için Şekil 7.44'de çizdirilen EWMA grafiği ile, prosesteki aykırı durumlar 1-5, 18, 19, 23 ve 24 noktaları olarak belirlenmiştir.



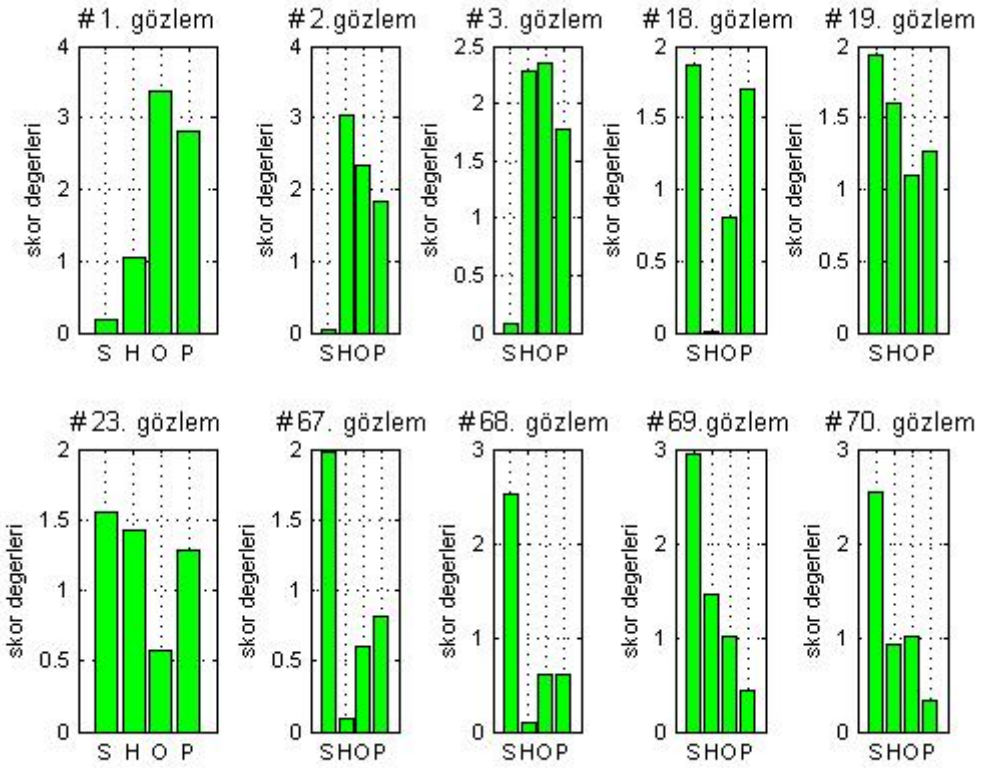
Şekil 7.44 Veri-6 kesikli maya üretimine ait EWMA grafiği

Çizelge 7.6 Veri-6 (97x4) seti aykırı gözlemleri

Veri-6					
	Skor	hotelling	Xbar	S	EWMA
1		✓ 1	✓ 1		✓ 1
2		✓ 2		✓ 2	✓ 2
3		✓ 3			✓ 3
4-5					✓ 4-5
15-17	✓ 15-17				
18,19	✓ 18-19				✓ 18,19
20-22	✓ 20-22				
23	✓ 23				✓ 23
24					✓ 24
67-70	✓ 67-70				

Yukarıdaki beş grafik ortak olarak incelendiğinde, 1., 2., 3., 18., 19., 23. ve 67-70. gözlemlerin kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür (Çizelge 7.6). 15., 16. ve 17. gözlemlerinin ise ikinci derecede önemli gözlemler olduğu ama her an sistemi aykırı duruma götürmek istediği söylenebilir.

Buraya kadar olan kısımda veri setinin geneline bakılarak hatalı gözlemler bulunmuştur. Şimdi ise aykırı kalan gözlemlerin katkı grafikleri çizilerek hangi değişken/değişkenlerin bu gözlemler üzerinde etkili olduğu belirlenebilir. Aykırı bulunan gözlemlerin Skor değerleri ele alınarak katkı grafikleri çizilmektedir. Çizelge 7.6'da bulunan örnek gözlemlere göre, 1. ölçümde 3 ve 4 no'lu değişkenler (*çözünmüş oksijen ve pH)*, 2. ve 3. gözlemlerde 2 ve 3 no'lu değişkenler (hava ve *çözünmüş oksijen*), 19. ve 23. ölçümlerde 1 ve 2 no'lu değişkenler (*sıcaklık ve hava)* ve 18. ve 67-70. gözlemlerde ise 1 no'lu değişken (*sıcaklık*), beklendiği gibi prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumludur.



Şekil 7.45 Veri-6 kesikli maya üretimine ait aykırı gözlemlerin katkı grafikleri (S-(Sıcaklık), H-(Hava Beslemesi), O-(Çözünmüş Oksijen), P-(pH))

8. DEĞERLENDİRME

Bir kimyasal reaktörün on-line bilgisayar bağlantıları aracılığıyla takip edilebilmesi ve verilerin analizlenmesi, Bilgisayar, Elektronik, İstatistik ve Kimya Mühendisliği bilimlerinin entegre çalışması ile mümkün olmaktadır. Bu çalışma, bir biyoreaktörde gerçekleşen ekmek mayası üretiminin, sensörler aracılığında gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi ve üretimler sırasında oluşan hataların istatistiksel yöntemlerle hızlı teşhisi çalışmalarını içermektedir.

Ekmek mayası üretimleri sırasında, 3 lt soğutma ceketli cam biyoreaktörün, ortam sıcaklığı, pH, hava besleme hızı ve çözünmüş oksijen anlık değişimleri, sensörler kullanılarak takip edilmiştir. Gerçek zamanlı bir üretim takibinde, kullanılan bu cihazların doğru olması, ölçüm yöntemleri, periyodik bakımlarının gerçekleştirilmiş ve kalibrasyonlarının yapılmış olması, verilerin güvenilir olması açısından önemlidir. Bunun yanında, toplanan verilerin ölçüm düzeni, tasnifi, değerlendirilmesi ve amaca uygun bir şekilde ifadesi de gereklidir. Tüm bu işlemler, sensörler ve bağlandıkları çevrim içi (on-line) bilgisayar arasındaki veri gönderme ve veri alma işlemlerini düzenleyecek olan ve tez çalışmasında geliştirilen RT-SPAC programı tarafından gerçekleştirilmektedir. Program, cihazlara ait kodları işleyerek, sensörlerden sağlanan ölçümlerin kullanıcı arayüzünde anlamlı veri demetleri halinde toplanmasını ve gerçek zamanlı olarak takip edilebilmesini sağlamaktadır.

İstatistik, değişik nedenlerin etkisi altında yaşanan bu olayların gözlenmesi ve gerekli bilgilerin sistematik biçimde toplanarak incelenmesi sonucunda, belirli duyarlılıkta tahmin ve yorumlar yapmayı sağlayan bir bilim dalıdır. RT-SPAC programı tarafından, gerçek zamanlı ve uygun yöntemlerle toplanan veriler, toplandığı şekliyle kaldığı taktirde rakam yığınından öteye gidemez ve prosesteki değişmeler anlaşılamaz. Dolayısıyla toplanan verilerin değerlendirilmesi ve üretimlerin uygunluğunun bir şekilde ifadesi gereklidir. Bu

amaçla, Temel Bileşenler Analizi (TBA) ve İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) yöntemleri, $MATLAB_{7.0}$ programında kodlanarak, RT-SPAC programının gerçek zamanlı çalışan program kodlarına entegre edilmiştir. Böylece, üretimin en ekonomik ve yararlı bir tarzda üretilmesini sağlamak amacıyla, veri toplamak, analiz etmek, yorumlamak ve çözüm yolları önermek üzere istatistik prensip ve tekniklerin üretimin tüm aşamalarında kullanılması sağlanmıştır. Eklenen istatistiksel algoritmalarla, RT-SPAC programının sunduğu gerçek zamanlı istatistiksel analiz, üretimler sırasında düzeltici ve önleyici faaliyetlerin başlatılabilmesi için verilere dayalı karar verme olanağı sağlayacaktır.

RT-SPAC programı kontrolünde altı farklı kesikli maya üretimi gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilk dördü, üretimin gerçek zamanlı takibi sırasında, en uygun ortam koşulları hedeflenerek gerçekleştirilmiştir. Bu ideal üretimlere ait veri demetleri, üretim sonrası RT-SPAC programında bulunan istatistiksel yöntemler uygulanarak, anlamlı grafikler haline çevrilmiş ve üretim sırasında karşılaşılmış uygunsuzluklar yada hatalı gözlemler arayüz üzerinden tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen gerçek zamanlı iki maya üretimi ise, değişkenlerin arayüz üzerinde izlenen anlık değerleri, yine bu değerlerin tüm üretim boyunca arayüz üzerinde sürekli yenilenen ilgili grafikleri ve veriler üzerine TBA ve İPK yöntemlerinin uygulanarak istatistiksel grafikler haline dönüştürülmesi ile takip edilmiştir.

Elde edilen örnek test verilerine uygulanan altı ayrı kontrol grafiğinin (*Dağılım, Skor, Hotelling* T^2*, Xbar, S ve EWMA grafikleri*) sonuçları incelendiğinde, aykırı gözlemlerin tayininde *Skor, Hotelling* T^2 *ve EWMA* grafiklerinin diğerlerine oranla oldukça fazla duyarlılık gösterdiği görülmektedir. Tüm bu grafiklerin sonuçlarını birer küme olarak kabul edersek, bu kümelerin kesişimi kesinlikle aykırı kalan gözlemleri, bileşimi ise aykırı eğilim gösteren yada her an sistemi aykırı duruma götürebilecek gözlemleri vermektedir.
Gerçek zamanlı kesikli maya üretimine ait ilk veri demeti, RT-SPAC programı tarafından, sistem değişkenlerinin sürekli takibiyle oluşturulmuştur. Veri-1 (Ek 13)'de yer alan bu

üretim, sıcaklık (^{o}C), sisteme beslenen hava akış hızı (lt/dk), ortamın pH ve çözünmüş oksijen (mg/lt) anlık değişimlerinin, 8 saatlik üretimin her beş dakikalık zaman diliminde, aynı anda toplanması ve program üzerinde birikmesi ile elde edilmiştir. Veri demeti, RT-SPAC arayüzünde off-line istatistiksel analiz yöntemleriyle incelenmiştir. Arayüz üzerindeki Skor, Hotelling T^2, Xbar, S ve EWMA istatistiksel grafikleri'nin sonuçları ortak incelendiğinde; 1, 2, 3 ve 4 no'lu gözlemlerin kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür. 5. ve 6. gözlemlerin ise ikinci derecede önemli gözlemler olduğu ama her an sistemi aykırı duruma götürmek istediği söylenebilir. Aykırı kalan gözlemlerin skor değerleri ele alınarak çizdirilen katkı grafikleri, hangi değişken/değişkenlerin bu gözlemler üzerinde etkili olduğunu belirlemekte kullanılır. Buna göre, 1. ve 2. ölçümlerde 1 no'lu değişkenin (*sıcaklık*), 3., 4. ve 5. gözlemlerde 1 ve 3 no'lu değişkenlerin (*sıcaklık ve çözünmüş oksijen*) ve 6.gözlemde ise 3 ve 4 no'lu değişkenlerin (*çözünmüş oksijen ve pH*) prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumlu olduğu tespit edilmiştir.

Ek 14'de yer alan Veri-2 demeti, RT-SPAC programı tarafından gerçek zamanlı olarak takip edilmiş ikinci maya üretimine aittir. Üretim, RT-SPAC programı tarafından istatistiksel olarakta analizlenmiş ve arayüze yansıyan istatistiksel grafiklerle incelenmiştir. Buna göre, skor grafiği ile saptanan 93 ve 96 no'lu gözlemlerin yalnız bir grafikte gözlemlenebilmesinden ötürü ikinci derecede önemli gözlemler olduğu, ama her an sistemi aykırı duruma götürmek istediği söylenebilir. Bu iki aykırı gözlemin katkı grafikleri incelendiğinde, 93. ve 96. ölçümlerde 2 ve 4 no'lu değişkenlerin (hava ve pH) prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumlu oldukları anlaşılmaktadır.

RT-SPAC programı tarafından takip edilen üçüncü maya üretimi, Ek 15'de bulunan Veri-3 veri demetine aittir. Veri seti için kullanılan istatistiksel yöntemlerin sonuçları ortak incelendiğinde1., 2., 4-9. gözlemlerin kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür. Bulunan hatalı gözlemlerin skor değerleri ele alınarak çizdirilen katkı grafikleri, 1. ve 2., ölçümlerde

3 no'lu değişkenin (çözünmüş o*ksijen*), 4., 5., 6., 7., 8. ve 9. ölçümlerde ise 1 no'lu değişkenin (sıcaklık) prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumlu olduğunu göstermektedir.

Ek 16'de yer alan ve gerçek zamanlı kesikli maya üretimine ait dördüncü veri demeti ve RT-SPAC arayüzüne yansıyan TBA ve İPK analiz yöntemlerine ait istatistiksel grafikleri ortak olarak incelendiğinde, 1., 2., 3., 4., 5. ve 12. gözlemlerin kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür. Bu aykırı kalan gözlemlerin katkı grafikleri çizilerek, hangi değişken/değişkenlerin bu gözlemler üzerinde etkili olduğu belirlenebilir. Burada aykırı olan gözlemin skor değerleri ele alınarak katkı grafikleri çizilmiştir. Bulunan gözlemlere göre, 1. gözlemde 1 ve 3 no'lu değişkenler (sıcaklık ve çözünmüş o*ksijen*), 2., 3., 4., 5. ve 12. gözlemlerde 3 no'lu değişken (çözünmüş o*ksijen*) prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumludur.

Biyoreaktörde gerçekleştirilen ilk dört maya üretimi, ideal sayılabilecek ortam parametreleri dikkate alınarak, üretimin anlık değerlerle sürekli takip edilmesiyle izlenmiştir. Bu üretim verileri (*Veri-1, Veri-2, Veri-3, Veri-4),* yine program tarafından istatistiksel analiz yöntemleriyle incelenmiş ve hatalı gözlemler arayüz üzerine yansıyan grafiklerle tespit edilmiştir. Biyoreaktörde gerçekleştirilen diğer iki ekmek mayası üretimi ise, ideal ortam şartları sağlamaktan ziyade, ani değişimlerin gerçek zamanlı tespiti amacıyla, istatistiksel analiz grafikleri eşliğinde gerçekleştirilmiştir. İlk üretim (*Veri-5*), ortam pH değerinin, kuvvetli asit ve baz ilavesi ile üretimin bir noktasında kısa süreli olarak değiştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. İkinci üretim (*Veri-6*), bioreaktör sıcaklığına etki eden ceket suyu sıcaklığının, iki farklı noktada hızla arttırılıp azaltılması ile gerçekleştirilmiştir.

Biyoreaktördeki ortam pH'ında oluşan sapmanın tespiti amacıyla gerçekleştirilen beşinci üretim, RT-SPAC programı arayüzündeki tüm istatistiksel grafiklerle anlık olarak izlenmiştir. Üretim süresince toplanan değişken değerleri, Veri-5 (Ek 17) demeti üzerinde biriktirilmiştir. Her veri toplama anında, arayüz üzerinde yenilenen gerçek zamanlı istatistiksel grafikler, üretimin 1-6. ve 58-61. gözlemlerini aykırı olarak işaretlemiştir. Bu aykırı gözlemlerin katkı grafikleri çizilerek hangi değişken/değişkenlerin bu gözlemler üzerinde etkili olduğu belirlenebilir. Buna göre, 1-6. ölçümlerde 1 ve 3 no'lu değişkenler (*sıcaklık ve* çözünmüş o*ksijen*) ve 58-61. gözlemler içinde beklendiği gibi 4 no'lu değişken (pH) prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumludur.

Son üretim, Veri-6 (Ek 18)'de yer verilen ve üretim sırasında reaktörün ceket suyunun sıcaklık ayarlamaları ile oluşan gerçek zamanlı maya üretimine aittir. RT-SPAC programı tarafından, arayüz üzerinde anlık olarak yenilenen istatistiksel grafikler ortak olarak incelendiğinde, 1., 2., 3., 18., 19., 23. ve 67-70. gözlemlerin kesinlikle aykırı gözlemler olduğu görülür. Aykırı bulunan gözlemlerin katkı grafikleri izlendiğinde, 1. ölçümde 3 ve 4 no'lu değişkenler (*çözünmüş oksijen ve pH)*, 2. ve 3. gözlemlerde 2 ve 3 no'lu değişkenler (hava ve *çözünmüş oksijen*), 19. ve 23. ölçümlerde 1 ve 2 no'lu değişkenler (*sıcaklık ve hava)* ve 18. ve 67-70. gözlemlerde ise 1 no'lu değişkenin (*sıcaklık*) beklendiği gibi prosesteki aykırı durumdan birinci derecede sorumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Veri-5 ve Veri-6'da bulunan kesikli ekmek mayası üretimlerine ait bu sonuçlar, RT-SPAC programının, üretim sırasında oluşan olumsuzlukları istatistiksel yöntemlerle anlık olarak tespit edebildiğini göstermektedir. Bu sonuç, RT-SPAC programının, kullanıcılara, üretim sırasında düzeltici ve önleyici faaliyetlere başlatılabilmesi için, verilere dayalı anlık karar verme olanağı sağlayabildiğini göstermektedir.

TBA ve İPK yöntemlerine ait istatistiksel grafikler genel olarak sınıflandırıldıklarında, Hotelling T^2, Xbar ve EWMA grafiklerinin ortalama değerlerden farklılıkları veya

değişkenliklerdeki artışı tetkik etmek amacına yönelik oldukları sonucu çıkmaktadır. Özellikle EWMA grafikleri, Xbar grafikleri ile büyük oranda benzerlikler göstermektedir. Daha duyarlı olarak, S ve skor grafikleri ise, kalite kontrolü yapılacak örneklerin standart sapmaları üzerinden hata tespitine gitmektedirler. Ancak bu benzerlikler, grafiklerden birinde gözlenen noktaların hepsinde çıkma zorunluluğunu getirmez. Bunun sebebi tüm bu grafiklerin temelde farklı olması ve farklı özellikleri belirlemede kullanılıyor olmasıdır. Xbar yada EWMA grafiklerindeki aykırı noktalar, Hotelling T^2 yönteminde olduğu gibi ortalamadan sapmayı belirlese de, aynı mantıkla çalışan yöntemlerde bile farklı aykırı noktalar gözlemlemek mümkündür.

RT-SPAC programının istatistiksel analizde kullandığı Temel Bileşenler Analizi yöntemi ile, sürekli sistemlerin değerlendirilmesi, veri seti içindeki hatalı noktaların ve ona sebep olan değişkenlerin bulunması sağlanmaktadır. Ancak sürekli sistemler yerinde yarı kesikli veya tez çalışmasında gerçekleştirilen maya üretimlerinde olduğu gibi kesikli sistemlerle çalışıldığında, Statik TBA yerine Dinamik TBA kullanmak gerekir. Dinamik TBA, sorunsuz gerçekleşmiş veri setlerini veritabanı olarak kullanır. Bu veri tabanının değerlendirilmesi yapılır ve on-line gerçekleşen bir deneyde hatalı noktayı belirlerken bu değerlendirmelerden yararlanılır. Böylece dinamik durum dikkate alınarak TBA'nin bu durumu *hatalı nokta* olarak algılamasının önüne geçilir.

RT-SPAC programı ile, gerçek zamanlı olarak takip edilen ilk dört maya üretimi, çok küçük sapmalarla da olsa, üretimlerin sağlıklı koşullarda gerçekleşebildiğini göstermiştir. Üretimler ortak olarak incelendiğinde ise, bu küçük sapmaların üretimin ilk gözlemlerinde meydana geldiği ve katkı grafiklerinin sıcaklık ve çözünmüş oksijen değerlerini bu aykırılığa sebep olarak gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu sorun, RT-SPAC programının kullandığı statik TBA yöntemlerinin, dinamik olarak yeniden programlanmasıyla aşılabilecek ve kesikli üretimler, dinamik TBA ile daha etkili olarak takip edilebilecektir.

EKLER

EK 1. RS-232'deki 25 Bacağın İsimleri Ve Fonksiyonları

EK 2. F Dağılımı Tablosu (0.05 önemlilik derecesi)

EK 3. F Dağılımı Tablosu (0.01 önemlilik derecesi)

EK 4. RT-SPAC yazılımına ait arayüzün program kodları

EK 5. Cihaz pencerelerine ait aktifleştirme kodları

EK 6. Consort P-902 pH penceresi entegre kodları

EK 7. Consort C-932 çözünmüş oksijen penceresi entegre kodları.

EK 8. Masterflex Peristaltik Pompa penceresi entegre kodları.

EK 9. Consort C-932 dijital termometre penceresi entegre kodları

EK 10. Aalborg Flowmeter penceresi entegre kodları.

EK 11. RT-SPAC Real Time program kodları

EK 12. SPAC İstatistiksel analiz programı entegre kodları.

EK 13. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 1. Veri Seti

EK 14. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 2. Veri Seti

EK 15. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 3. Veri Seti

EK 16. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 4. Veri Seti

EK 17. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 5. Veri Seti

EK 18. Kesikli Ekmek Mayası Üretimi 6. Veri Seti

EK 1 RS-232'deki 25 Bacağın İsimleri Ve Fonksiyonları

Pln#	Clrcult Name	Popular Name	Source	Type	Descrlption
1	Shield	-	-	-	
2*	Ba	Td	Dte	Data	Transmitted Data
3*	Bb	Rd	Dce	Data	Received Data
4*	Ca/Cj	Rts	Dte	Control	Request To Send/Ready To Receive
5*	Cb	Cts	Dce	Control	Elear To Send
6*	Cc	Dsr	Dce	Control	Dce (Data Set) Readj
7*	Ab	Sg	-	Common	Signal Common
8*	Cf	Cd	Dce	Control	Received Line Signal Dedector(Canier Detect)
9	-			-	Reserved For Testing
10	-			-	Reserved For Testing
11	-			- -	Unassigned
12	Scf/Cı		Dce	Control	Secondary Received Line Signal Detector/Data Signal Rate Selector
13	Scb		Dce	Control	Secondary Elear To Send
14	Sba		Dte	Data	Seeondary Transmitted Data
15	Db		Dce	Timing	Transmitter Signal Element Timing
11 6	Sbb		Dce	Data	Secondary Received Data
17	Dd		Dce.	Timing	Reeeiver Signal Element Timing
18	Ll		Dte	Control	Localloopback
19	Sca		Dte	Control	Secondary Request To Send
20*	Cd	Dtr	Dte	Control	Dte Ready
21	Rl/Cg		Dte/Dce	Control	Remote Loopback/ Signal Quality Detector
22*	Ce/Ck	Rı	Dce	Control	Ring İndicator/Received Energy Present
23	Ch/Cı		Dteıdce	Control	Data Signal Rate Seleetor
24	Da		Dte	Timing	Transmit Signal Element Timing
25	Tm		Dce	Control	Test Mode

EK 2 F Dağılımı Tablosu (0.05 önemlilik derecesi)

		Pay için serbestlik derecesi																		
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**12**	**15**	**20**	**24**	**30**	**40**	**60**	**120**	**∞**
P	**1**	161,00	200,00	216,00	225,00	230,00	234,00	237,00	239,00	241,00	242,00	244,00	246,00	248,00	249,00	250,00	251,00	252,00	253,00	254,00
a	**2**	18,50	19,00	19,20	19,20	19,30	19,30	19,40	19,40	19,40	19,40	19,40	19,40	19,40	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50
y	**3**	10,10	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
d	**4**	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
a	**5**	6,61	5,79	5,46	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,37
	6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
i	**7**	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
ç	**8**	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
i	**9**	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
n	**10**	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
	11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
s	**12**	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
e	**13**	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
r	**14**	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
b	**15**	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
e	**16**	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
s	**17**	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
t	**18**	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
l	**19**	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
i	**20**	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
k	**21**	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
	22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
d	**23**	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
e	**24**	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
r	**25**	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
e	**30**	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
c	**40**	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
e	**60**	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
s	**120**	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,18	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,60	1,43	1,35	1,25
i	**∞**	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

EK-3 F Dağılımı Tablosu (0.01 önemlilik derecesi)

		Pay için serbestlik derecesi									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**8**	**10**	**15**	**∞**
	1	4052,00	4999,50	5403,00	5625,00	5764,00	5859,00	5982,00	6056,00	6157,00	6366,00
	2	98,50	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,37	99,40	99,43	99,50
P	**3**	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,49	27,23	26,87	26,13
a	**4**	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,80	14,55	14,20	13,46
y	**5**	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,29	10,05	9,72	9,02
d	**6**	13,76	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,10	7,87	7,56	6,88
a	**7**	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,84	6,62	6,31	5,65
	8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,68	6,37	6,03	5,81	5,52	4,86
i	**9**	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,47	5,26	4,96	4,31
ç	**10**	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,06	4,85	4,56	3,91
i	**11**	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,74	4,54	4,25	3,60
n	**12**	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,50	4,30	4,01	3,36
	13	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,30	4,10	3,82	3,17
s	**14**	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,14	3,94	3,66	3,00
e	**15**	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,00	3,80	3,52	2,87
r	**16**	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	3,89	3,69	3,41	2,75
b	**17**	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,79	3,59	3,31	2,65
e	**18**	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,71	3,51	3,23	2,57
s	**19**	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,63	3,43	3,15	2,49
t	**20**	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,56	3,37	3,09	2,42
l	**21**	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,51	3,31	3,03	2,36
i	**22**	7,95	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,45	3,26	2,98	2,31
k	**23**	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,41	3,21	2,93	2,26
	24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,36	3,17	2,89	2,21
d	**25**	7,77	5,57	4,68	4,18	3,85	3,63	3,32	3,13	2,85	2,17
e	**26**	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,29	3,09	2,81	2,13
r	**27**	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,26	3,06	2,78	2,10
e	**28**	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,23	3,03	2,75	2,06
c	**29**	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,20	3,00	2,73	2,03
e	**30**	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,17	2,98	2,70	2,01
s	**40**	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	2,99	2,80	2,52	1,80
i	**60**	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,82	2,63	2,35	1,60
	120	8,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,66	2,47	2,19	1,38
	∞	6,63	4,61	3,78	3,32	3,02	2,80	2,51	2,32	2,04	1,00

Ek 4 RT-SPAC yazılımına ait arayüzün program kodları

```
function varargout = realtime (varargin)
% REALTIME M-file for realtime.fig
%      REALTIME, by itself, creates a new REALTIME or raises the existing
%      singleton*.
%
%      H = REALTIME returns the handle to a new REALTIME or the handle to
%      the existing singleton*.
%
%      REALTIME('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%      function named CALLBACK in REALTIME.M with the given input arguments.
%
%      REALTIME('Property','Value',...) creates a new REALTIME or raises the
%      existing singleton*.  Starting from the left, property value pairs are
%      applied to the GUI before realtime_OpeningFunction gets called.  An
%      unrecognized property name or invalid value makes property application
%      stop.  All inputs are passed to realtime_OpeningFcn via varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows only one

% Copyright 2002-2003 The MathWorks, Inc.

% Edit the above text to modify the response to help realtime

% Last Modified by GUIDE v2.5 19-Nov-2005 00:34:25

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @realtime_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @realtime_OutputFcn, ...
```

Ek 4 RT-SPAC yazılımına ait arayüzün program kodları (devam)

```
                'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
   gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
   [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
   gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
% --- Executes just before realtime is made visible.
function realtime_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = realtime_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
```

Ek 5 RS-232 Arayüzü -Cihaz pencerelerine ait aktifleştirme kodları

```
handles.pH = [ handles.txNullA, handles.pbNullA,handles.uipanel19 ];
handles.Oksijen = [ handles.txNullB, handles.pbNullB,handles.uipanel20  ];
handles.Besleme Pompası = [ handles.txNullC, handles.pbNullC,handles.uipanel21];
handles.Termometre = [ handles.txNullD, handles.pbNullD,handles.uipanel23];
handles.Hava Beslemesi = [handles.uipanel25];

set(handles.pH, 'Visible', 'on');
set(handles.Oksijen, 'Visible', 'off');
set(handles.Besleme Pompası, 'Visible', 'off');
set(handles.Termometre, 'Visible', 'off');
set(handles.Hava Beslemesi, 'Visible', 'off');

guidata(hObject, handles);
% --- Executes on button press in pH.
function pH_Callback(hObject, eventdata, handles)

function pH_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
set(handles.pH, 'Visible', 'on');
set(handles.Oksijen, 'Visible', 'off');
set(handles.Besleme Pompası, 'Visible', 'off');
set(handles.Termometre, 'Visible', 'off');
set(handles.Hava Beslemesi, 'Visible', 'off');

% --- Executes on button press in Oksijen.
function Oksijen_Callback(hObject, eventdata, handles)

function Oksijen_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
set(handles.pH, 'Visible', 'off');
set(handles.Oksijen, 'Visible', 'on');
set(handles.Besleme Pompası, 'Visible', 'off');
```

Ek-5 RS-232 Arayüzü -Cihaz pencerelerine ait aktifleştirme kodları (devam)

```
set(handles.Termometre, 'Visible', 'off');
set(handles.Hava Beslemesi, 'Visible', 'off');
% --- Executes on button press in Besleme Pompası.
function Besleme Pompası_Callback(hObject, eventdata, handles)
function Besleme Pompası_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
set(handles.pH, 'Visible', 'off');
set(handles.Oksijen, 'Visible', 'off');
set(handles.Besleme Pompası, 'Visible', 'on');
set(handles.Termometre, 'Visible', 'off');
set(handles.Hava Beslemesi, 'Visible', 'off');
% --- Executes on button press in Termometre.
function Termometre_Callback(hObject, eventdata, handles)
function Termometre_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
set(handles.pH, 'Visible', 'off');
set(handles.Oksijen, 'Visible', 'off');
set(handles.Besleme Pompası, 'Visible', 'off');
set(handles.Termometre, 'Visible', 'on');
set(handles.Hava Beslemesi, 'Visible', 'off');
% --- Executes on button press in Hava Beslemesi.
function Hava Beslemesi_Callback(hObject, eventdata, handles)
function Hava Beslemesi_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
set(handles.pH, 'Visible', 'off');
set(handles.Oksijen, 'Visible', 'off');
set(handles.Besleme Pompası, 'Visible', 'off');
set(handles.Termometre, 'Visible', 'off');
set(handles.Hava Beslemesi, 'Visible', 'on');
```

EK 6 Consort P-902 pH penceresi entegre kodları

pH penceresi İletişim Butonu
function pushpH_Callback(hObject, eventdata, handles) *global ph h* *ifade={'COM Numarasi','BaudRate','DataBits','Parity'};* *baslik='pH Ölçer-Bilgisayar';* *numlines=1;* *defaultanswer={'COM20','4800','8','none'};* *ph=inputdlg(ifade,baslik,numlines,defaultanswer);* *h1=strvcat(ph(1))* *h2=str2double(ph(2))* *h3=str2double(ph(3))* *h4=strvcat(ph(4))* *options.Resize='on';* *options.WindowStyle='normal';* *options.Interpreter='tex';* *h=serial(h1,'BaudRate',h2,'Parity',h4,'DataBits',h3)* *h.Terminator='CR/LF';* *h.Timeout=2;* *h = instrfind('Type', 'serial', 'Port', h1, 'Tag', '')* *if isempty(h)* *h = serial(h1);* *else* *fclose(h);* *h = h(1)* *end* *fopen(h)* *warning off*

EK 6 Consort P-902 pH penceresi entegre kodları (devam)

```
set(h, 'BreakInterruptFcn', '')
set(h, 'ByteOrder', 'littleEndian')
set(h, 'BytesAvailableFcn', '')
set(h, 'BytesAvailableFcnCount', 48)
set(h, 'BytesAvailableFcnMode', 'terminator')
set(h, 'DataTerminalReady', 'on')
set(h, 'ErrorFcn', '')
set(h, 'FlowControl', 'none')
set(h, 'InputBufferSize', 512)
set(h, 'OutputBufferSize', 512)
set(h, 'OutputEmptyFcn', '')
set(h, 'PinStatusFcn', '')
set(h, 'ReadAsyncMode', 'continuous')
set(h, 'RecordDetail', 'compact')
set(h, 'RecordMode', 'overwrite')
set(h, 'RecordName', 'record.txt')
set(h, 'RequestToSend', 'on')
set(h, 'Tag', '')
set(h, 'Terminator', 'LF')
set(h, 'Timeout', 10)
set(h, 'TimerFcn', '')
set(h, 'TimerPeriod', 1)
set(h, 'UserData', [] )
```

PH popup butonu

```
function popuppH_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc
set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
```

EK 6 Consort P-902 pH penceresi entegre kodları (devam)

```
function popuppH_Callback(hObject, eventdata, handles)
global h
ph = get(handles.popuppH, 'Value');
switch ph
case 1
fprintf(h,'">1"')
case 2
fprintf(h,'">2"')
case 3
fprintf(h,'">3"')
case 4
fprintf(h,'">4"')
case 5
fprintf(h,'">5"')
case 6
fprintf(h,'">6"')
case 7
fprintf(h,'">7"')
case 8
fprintf(h,'">?"')
case 9
fprintf(h,'">+"')
case 10
fprintf(h,'">-"')
case 11
fprintf(h,'">M"')
case 12
fprintf(h,'">P"')
case 13
fclose(h)
end
```

EK 7 Consort C-932 çözünmüş oksijen penceresi entegre kodları

Çözünmüş Oksijen Penceresi İletişim Butonu

```
function pushoxygen_Callback(hObject, eventdata, handles)
global o oksi
ifade={'COM Numarasi','BaudRate','DataBits','Parity'};
baslik='Çözünmüs Oksijen ölçer-Bilgisayar';
numlines=1;
defaultanswer={'COM22','9600','8','none'};
oksi=inputdlg(ifade,baslik,numlines,defaultanswer);
o1=strvcat(oksi(1))
o2=str2double(oksi(2))
o3=str2double(oksi(3))
o4=strvcat(oksi(4))
options.Resize='on';
options.WindowStyle='normal';
options.Interpreter='tex';
o=serial(o1,'BaudRate',o2,'Parity',o4,'DataBits',o3)
o=serial('COM20','BaudRate',9600,'Parity','none','DataBits',8)
o.Terminator='CR/LF';
o.Timeout=2;
o = instrfind('Type', 'serial', 'Port', o1, 'Tag', '')
if isempty(o)
   o = serial(o1);
else
   fclose(o);
   o = o(1)
end
fopen(o)
warning off
```

EK 7 Consort C-932 çözünmüş oksijen penceresi entegre kodları (devam)

```
set(h, 'BreakInterruptFcn', '')
set(h, 'ByteOrder', 'littleEndian')
set(h, 'BytesAvailableFcn', '')
set(h, 'BytesAvailableFcnCount', 48)
set(h, 'BytesAvailableFcnMode', 'terminator')
set(h, 'DataTerminalReady', 'on')
set(h, 'ErrorFcn', '')
set(h, 'FlowControl', 'none')
set(h, 'InputBufferSize', 512)
set(h, 'OutputBufferSize', 512)
set(h, 'OutputEmptyFcn', '')
set(h, 'PinStatusFcn', '')
set(h, 'ReadAsyncMode', 'continuous')
set(h, 'RecordDetail', 'compact')
set(h, 'RecordMode', 'overwrite')
set(h, 'RecordName', 'record.txt')
set(h, 'RequestToSend', 'on')
set(h, 'Tag', '')
set(h, 'Terminator', 'LF')
set(h, 'Timeout', 10)
set(h, 'TimerFcn', '')
set(h, 'TimerPeriod', 1)
set(h, 'UserData', [] )
```

Oksijen popup butonu

```
function popupovygen_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
   set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
```

EK 7 Consort C-932 çözünmüş oksijen penceresi entegre kodları (devam)

```
function popupovygen_Callback(hObject, eventdata, handles)
global o
oxygen = get(handles.popupovygen, 'Value');
switch oxygen
   case 1
    fprintf(o,'">1"')
   case 2
    fprintf(o,'">2"')
    case 3
    fprintf(o,'">3"')
   case 4
    fprintf(o,'">4"')
   case 5
    fprintf(o,'">5"')
   case 6
    fprintf(o,'">6"')
   case 7
    fprintf(o,'">7"')
   case 8
    fprintf(o,'">?"')
   case 9
    fprintf(o,'">+"')
   case 10
    fprintf(o,'">-"')
   case 11
    fprintf(o,'">M"')
   case 12
    fprintf(o,'">E"')
   case 13
    fprintf(o,'">L"')
   case 14
    fprintf(o,'">D"')
   case 15
    fprintf(o,'">%”)
   case 16
    fprintf(o,'">S"')
   case 17
   fclose(o)
end
```

EK 8 Masterflex Peristaltik Pompa penceresi entegre kodları

Peristaltik Pompa İletişim Butonu

```
function pushpompa_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pp
  ifade={'COM Numarasi','BaudRate','DataBits','Parity'};
    baslik='Peristaltik Pompa-bilgisayar';
    numlines=1;
    defaultanswer={'COM21','4800','7','odd'};
    hatalar=inputdlg(ifade,baslik,numlines,defaultanswer);
    k1=strvcat(hatalar(1))
    k2=str2double(hatalar(2))
    k3=str2double(hatalar(3))
    k4=strvcat(hatalar(4))
    options.Resize='on';
    options.WindowStyle='normal';
    options.Interpreter='tex';
pp=serial(k1,'BaudRate',k2,'Parity',k4,'DataBits',k3)
pp.Terminator='CR/LF';
pp.Timeout=2;
pp = instrfind('Type', 'serial', 'Port', k1, 'Tag', '')
if isempty(pp)
   pp = serial(k1);
else
   fclose(pp);
   pp = pp(1)
end
fopen(pp)
warning off
```

EK 8 Masterflex Peristaltik Pompa penceresi entegre kodları (devam)

```
set(h, 'BreakInterruptFcn', '')
set(h, 'ByteOrder', 'littleEndian')
set(h, 'BytesAvailableFcn', '')
set(h, 'BytesAvailableFcnCount', 48)
set(h, 'BytesAvailableFcnMode', 'terminator')
set(h, 'DataTerminalReady', 'on')
set(h, 'ErrorFcn', '')
set(h, 'FlowControl', 'none')
set(h, 'InputBufferSize', 512)
set(h, 'OutputBufferSize', 512)
set(h, 'OutputEmptyFcn', '')
set(h, 'PinStatusFcn', '')
set(h, 'ReadAsyncMode', 'continuous')
set(h, 'RecordDetail', 'compact')
set(h, 'RecordMode', 'overwrite')
set(h, 'RecordName', 'record.txt')
set(h, 'RequestToSend', 'on')
set(h, 'Tag', '')
set(h, 'Terminator', 'LF')
set(h, 'Timeout', 10)
set(h, 'TimerFcn', '')
set(h, 'TimerPeriod', 1)
set(h, 'UserData', [] )
```

Pompa - Popup butonu

```
function popuppompa_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
```

EK 8 Masterflex Peristaltik Pompa penceresi entegre kodları (devam)

```
function popuppompa_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pp
pompa = get(handles.popuppompa, 'Value');
switch pompa
   case 1
    fprintf(pp,  'P01A' )
    case 2
    fprintf(pp,  'P01Bxy' )
    case 3
   fprintf(p, 'P01C'   )
   case 4
    fprintf(p, 'P01E'   )
   case 5
    fprintf(pp, 'P01G'   )
   case 6
    fprintf(pp, 'P01H'   )
   case 7
    fprintf(pp, 'P01I'   )
   case 8
    fprintf(pp, 'P01K'   )
   case 9
    fprintf(pp, 'P01L'   )
   case 10
    fprintf(p, 'P01Oxy' )
   case 11
    fprintf(p, 'P01R'   )
   case 12
    fprintf(pp, 'P01S'  )
    case 13
    fprintf(pp, 'P01S'   )
   case 14
    fprintf(pp, 'P01Unn'   )
      case 15
    fprintf(pp, 'P01V50'   )
    case 16
    fprintf(pp, 'P01Z'   )
   case 17
    fclose(pp)
end
```

EK 9 Consort C-932 dijital termometre penceresi entegre kodları

İletişim Butonu
function pushtermometre_Callback(hObject, eventdata, handles) *global o* *ifade={'COM Numarasi','BaudRate','DataBits','Parity'};* *baslik='Termometre-Bilgisayar';* *numlines=1;* *defaultanswer={'COM1','9600','8','none'};* *ter=inputdlg(ifade,baslik,numlines,defaultanswer);* *te1=strvcat(ter(1))* *te2=str2double(ter(2))* *te3=str2double(ter(3))* *te4=strvcat(ter(4))* *options.Resize='on';* *options.WindowStyle='normal';* *options.Interpreter='tex';* *te=serial(te1,'BaudRate',te2,'Parity',te4,'DataBits',te3)* *te.Terminator='CR/LF';* *te.Timeout=2;* *te = instrfind('Type', 'serial', 'Port', o1, 'Tag', '')* *if isempty(te)* *te = serial(te1);* *else* *fclose(te);* *te = te(1)* *end* *fopen(te)* *warning off*

EK 9 Consort C-932 dijital termometre penceresi entegre kodları (devam)

```
set(te, 'BreakInterruptFcn', '')
set(te, 'ByteOrder', 'littleEndian')
set(te, 'BytesAvailableFcn', '')
set(te, 'BytesAvailableFcnCount', 48)
set(te, 'BytesAvailableFcnMode', 'terminator')
set(te, 'DataTerminalReady', 'on')
set(te, 'ErrorFcn', '')
set(te, 'FlowControl', 'none')
set(te, 'InputBufferSize', 512)
set(te, 'OutputBufferSize', 512)
set(te, 'OutputEmptyFcn', '')
set(te, 'PinStatusFcn', '')
set(te, 'ReadAsyncMode', 'continuous')
set(te, 'RecordDetail', 'compact')
set(te, 'RecordMode', 'overwrite')
set(te, 'RecordName', 'record.txt')
set(te, 'RequestToSend', 'on')
set(te, 'Tag', '')
set(te, 'Terminator', 'LF')
set(te, 'Timeout', 10)
set(te, 'TimerFcn', '')
set(te, 'TimerPeriod', 1)
set(te, 'UserData', [] )
```

Termometre popup butonu

```
function popuptermometre_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
   set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
```

EK 9 Consort C-932 dijital termometre penceresi entegre kodları (devam)

```
function popuptermometre_Callback(hObject, eventdata, handles)
global te
termometr = get(handles.popuptermometre, 'Value');
switch oxygen
   case 1
    fprintf(te,'">1"')
   case 2
    fprintf(te,'">2"')
    case 3
    fprintf(te,'">3"')
   case 4
    fprintf(te,'">4"')
   case 5
    fprintf(te,'">5"')
   case 6
    fprintf(te,'">6"')
   case
    fprintf(te,'">7"')
   case 8
    fprintf(te,'">?"')
   case 9
    fprintf(te,'">+"')
   case 10
    fprintf(te,'">-"')
   case 11
    fprintf(te,'">M"')
   case 12
    fprintf(te,'">C"')
   case 13
   fclose(te)
end
```

EK 10 Aalborg Flowmeter penceresi entegre kodları

```
function pushhava_Callback(hObject, eventdata, handles)
global fl
  ifade={'COM Numarasi','BaudRate','DataBits','Parity'};
   baslik='Hava Akis Hizi Olcer-Bilgisayar';
   numlines=1;
   defaultanswer={'COM2','9600','8','none'};
   hatalar=inputdlg(ifade,baslik,numlines,defaultanswer);
   k1=strvcat(hatalar(1))
   k2=str2double(hatalar(2))
   k3=str2double(hatalar(3))
   k4=strvcat(hatalar(4))
   options.Resize='on';
   options.WindowStyle='normal';
   options.Interpreter='tex';
fl=serial(k1,'BaudRate',k2,'Parity',k4,'DataBits',k3)
fl.Terminator='CR/LF';
fl.Timeout=2;
fl = instrfind('Type', 'serial', 'Port', k1, 'Tag', '')
if isempty(fl)
   fl = serial(k1);
else
   fclose(fl);
   fl = fl(1)
end
fopen(fl)
warning off
```

EK 10 Aalborg Flowmeter penceresi entegre kodları (devam)

```
set(h, 'BreakInterruptFcn', '')
set(h, 'ByteOrder', 'littleEndian')
set(h, 'BytesAvailableFcn', '')
set(h, 'BytesAvailableFcnCount', 48)
set(h, 'BytesAvailableFcnMode', 'terminator')
set(h, 'DataTerminalReady', 'on')
set(h, 'ErrorFcn', '')
set(h, 'FlowControl', 'none')
set(h, 'InputBufferSize', 512)
set(h, 'OutputBufferSize', 512)
set(h, 'OutputEmptyFcn', '')
set(h, 'PinStatusFcn', '')
set(h, 'ReadAsyncMode', 'continuous')
set(h, 'RecordDetail', 'compact')
set(h, 'RecordMode', 'overwrite')
set(h, 'RecordName', 'record.txt')
set(h, 'RequestToSend', 'on')
set(h, 'Tag', '')
set(h, 'Terminator', 'LF')
set(h, 'Timeout', 10)
set(h, 'TimerFcn', '')
set(h, 'TimerPeriod', 1)
set(h, 'UserData', [] )
```

```
function popuphava_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else
    set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'));
end
```

EK 10 Aalborg Flowmeter penceresi entegre kodları (devam)

```
function popuphava_Callback(hObject, eventdata, handles)
global fl f fff
hava = get(handles.popuphava, 'Value');
switch hava
   case 1
      fprintf(fl,'>1t' );
   case 2
      fprintf(fl, '>1r0.1'
   case 3
      fprintf(fl,'>1g0.1');
   case 4
     fclose(fl)
end
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları

```
function pushbuttonREAL_Callback(hObject, eventdata, handles)
mm=[];
nn=[];
vv=[];
ttt=[];
nnn=[];
sss=[];
mmm=[];
vvv=[];
fff=[];
format long;
load omay1;
x(:,:)=[];
y(:,:)=[];
data(:,:)=[];
zaman=[];
data=[zaman x y];
save omay1 data x y X Y rowheaders textdata zaman n lv alfa graf Fs ninput tol;
save omay2 data x y X Y rowheaders textdata zaman n lv alfa graf Fs ninput tol;
flushinput(o);
flushinput(h);
flushinput(fl);
flushinput(p);
```

```
ifade2={'Dakika olarak giriniz'};
baslik2='Ornekleme Zaman Araligi';
numlines=1;
defaultanswer={'2'};
son=inputdlg(ifade2,baslik2,numlines,defaultanswer);
son=str2double(son);
sonl=(8*60)/son;
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
sons=son*60;
saat=sonl/8;
ver=findobj(gcbf,'Tag','text58');
seve=sonl;
set(ver,'String',seve);
ifade8={'Sabit hiz profili'};
baslik8='Melas Besleme Hizlari';
numlines=0.7;
defaultanswer8={'10'};
ppom=inputdlg(ifade8,baslik8,numlines,defaultanswer8);
pp1=strvcat(ppom(1));
options.Resize='on';
options.WindowStyle='normal';
options.Interpreter='tex';
```

```
ifade={'Sabit hiz profili'};
baslik='Hava Besleme Hizlari';
numlines=0.7;
defaultanswer={'200'};
hz=inputdlg(ifade,baslik,numlines,defaultanswer);
hh1=strvcat(hz(1));
options.Resize='on';
options.WindowStyle='normal';
options.Interpreter='tex';
```

```
zem=('>1r');
hh1=[zem hh1];
for l=1:sonl;
myDataStruct.run = true;
myDataStruct.trailLength = 30;
myDataStruct.noPause = 1;
set(0,'UserData',myDataStruct);
if l==1
fprintf(fl, hh1);
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
end
fprintf(fl,['>1t' ]);

ifade3={'Sistem Hazir'};
baslik3='Sistem Hazir';
numlines=1;
hzzz=inputdlg(ifade3,baslik3,numlines);
fprintf(pp, ['P01S' pp1] );
flushinput(o);
flushinput(h);
ttt=[ttt l];
zaman(l,1)=ttt(l);
zam=findobj(gcbf,'Tag','text49');
setf=l;
set(zam,'String',setf);
```

```
try
mm=fscanf(o);
mmm=[mmm str2double(mm(length(mm)-45:length(mm)-43))];
catch
beep
end
oksi=findobj(gcbf,'Tag','text23');
seto=mmm(l);
y(l,1)=seto;
set(oksi,'String',seto);
try
mm=fscanf(o);
sss=[sss str2double(mm(length(mm)-25:length(mm)-22))];
catch
beep
end
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
sica=findobj(gcbf,'Tag','text17');
sets=sss(l);
x(l,2)=sets;
set(sica,'String',sets);
```

```
try
nn=fscanf(h);
nnn=[nnn str2double(nn(length(nn)-35:length(nn)-32))];
catch
beep
end
phh=findobj(gcbf,'Tag','text19');
seth=nnn(l);
y(l,2)=seth;
set(phh,'String',seth);
```

```
try
fprintf(pp, 'P01S' );
vv=fscanf(pp);
vvv=[vvv str2double(vv(length(vv)-5:length(vv)))];
catch
beep
end
pompa=findobj(gcbf,'Tag','text21');
setp=vvv(l);
x(l,1)=setp;
set(pompa,'String',setp);
```

```
el=[];
try
fprintf(fl,['>1t' ]);
ff=fscanf(fl);
if length(ff)==5;
el=[el str2double(ff(length(ff)-3:length(ff)))];
elseif length(ff)==6;
el=[el str2double(ff(length(ff)-4:length(ff)-1))];
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
else
el=[el str2double(ff(length(ff)-5:length(ff)-1))];
end
catch
beep
end
fff(l)=el(:,3)/1000;
flow=findobj(gcbf,'Tag','text37');
setf=fff(:,l);
x(l,3)=setf;
set(flow,'String',setf);
```

```
currentTime        = clock;
currentDispTime    = currentTime;
currentDispTime(6)  = currentDispTime(6) - 0.5;
dispTime           = datestr(currentDispTime, 14);
set(handles.clock1, 'String',dispTime);
S1=currentDispTime(6);
D1=currentDispTime(5);
H1=currentDispTime(4);
A1=currentDispTime(3);
M1=(A1*24*60*60)+(H1*60*60)+(D1*60)+S1;

bzm=findobj(gcbf,'Tag','text57');
sbz=dispTime;
set(bzm,'String',sbz);
```

```
else
[m n]=size(data);
if m<=7;
refreshdata(t4,'caller');
axes(handles.axes20);
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
t4=plot(ttt, mmm,'c*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'mmm', 'XDataSource', 'ttt',
'YDataSource', 'mmm');  hold all;plot(ttt, sss,'b*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'sss',
'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'sss');hold all;plot(ttt, nnn,'r*:','LineWidth',2,
'DisplayName', 'nnn', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'nnn'); hold all;plot(ttt,
vvv,'m*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'vvv', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'vvv'); hold
all;plot(ttt, fff,'g*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'fff', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource',
'fff');hold off; figure(gcf)
grid on;
axes(handles.axes33)
t4=plot(ttt, mmm,'c*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'mmm', 'XDataSource', 'ttt',
'YDataSource', 'mmm');  hold all;plot(ttt, sss,'b*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'sss',
'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'sss');hold all;plot(ttt, nnn,'r*:','LineWidth',2,
'DisplayName', 'nnn', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'nnn'); hold all;plot(ttt,
vvv,'m*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'vvv', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'vvv'); hold
all;plot(ttt, fff,'g*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'fff', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource',
'fff');hold off; figure(gcf)
grid on;
else
refreshdata(t5,'caller');
axes(handles.axes33);
t5=plot(data(m-5:m,1),data(m-5:m,5),'c*:','LineWidth',2);  hold all;plot(data(m-
5:m,1),data(m-5:m,3),'b*:','LineWidth',2);hold all;plot(data(m-5:m,1),data(m-
5:m,6),'r*:','LineWidth',2); hold all;plot(data(m-5:m,1),data(m-5:m,2),'m*:','LineWidth',2);
hold all;plot(data(m-5:m,1),data(m-5:m,4),'g*:','LineWidth',2);hold off;figure(gcf)
grid on;
```

```
refreshdata(t4,'caller');
axes(handles.axes20);
hold all;plot(l, sss,'b*:', 'DisplayName', 'sss', 'XDataSource', 'l', 'YDataSource', 'sss');hold
all;plot(l, nnn,'r*:', 'DisplayName', 'nnn', 'XDataSource', 'l', 'YDataSource', 'nnn'); hold
all;plot(l, vvv,'m*:', 'DisplayName', 'vvv', 'XDataSource', 'l', 'YDataSource', 'vvv'); hold
all;plot(l, fff,'g*:', 'DisplayName', 'fff', 'XDataSource', 'l', 'YDataSource', 'fff');hold off;
figure(gcf)
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
t4=plot(ttt, mmm,'c*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'mmm', 'XDataSource', 'ttt',
'YDataSource', 'mmm');  hold all;plot(ttt, sss,'b*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'sss',
'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'sss');hold all;plot(ttt, nnn,'r*:','LineWidth',2,
'DisplayName', 'nnn', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'nnn'); hold all;plot(ttt,
vvv,'m*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'vvv', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'vvv'); hold
all;plot(ttt, fff,'g*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'fff', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource',
'fff');hold off; figure(gcf)
grid on;
end
```

```
flushinput(o);
flushinput(h);
myDataStruct = get(0,'UserData');

while myDataStruct.run
currentTime         = clock;
currentDispTime     = currentTime;
currentDispTime(6)  = currentDispTime(6) - 0.5;
dispTime            = datestr(currentDispTime, 14);
set(handles.clock1, 'String',dispTime);
pause(.0001);
guidata(hObject,handles);
S1=currentDispTime(6);
D1=currentDispTime(5);
H1=currentDispTime(4);
A1=currentDispTime(3);
M2=(A1*24*60*60)+(H1*60*60)+(D1*60)+S1;

if M2-M1==sons
myDataStruct = get(0,'UserData');
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
myDataStruct.run = false;
set(0,'UserData', myDataStruct);
end
end
```

```
flushinput(o);
flushinput(h);
ttt=[ttt l];
zaman(l,1)=ttt(l);
zam=findobj(gcbf,'Tag','text49');
setf=l;
set(zam,'String',setf);
try
mm=fscanf(o);
mmm=[mmm str2double(mm(length(mm)-46:length(mm)-43))];
catch
beep
end
oksi=findobj(gcbf,'Tag','text23');
seto=mmm(l);
y(l,1)=seto;
set(oksi,'String',seto);
```

```
try
mm=fscanf(o);
sss=[sss str2double(mm(length(mm)-25:length(mm)-22))];
catch
beep
end
sica=findobj(gcbf,'Tag','text17');
sets=sss(l);
x(l,2)=sets;
set(sica,'String',sets);
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
try
nn=fscanf(h);
nnn=[nnn str2double(nn(length(nn)-35:length(nn)-32))];
catch
beep
end
phh=findobj(gcbf,'Tag','text19');
seth=nnn(l);
y(l,2)=seth;
set(phh,'String',seth);
```

```
try
fprintf(pp, ['P01S' ]);
vv=fscanf(pp);
vvv=[vvv str2double(vv(length(vv)-5:length(vv)))];
catch
beep
end
pompa=findobj(gcbf,'Tag','text21');
setp=vvv(l);
x(l,1)=setp;
set(pompa,'String',setp);
```

```
el=[];
try
fprintf(fl,['>1t' ]);
ff=fscanf(fl);
if length(ff)==5;
el=[el str2double(ff(length(ff)-3:length(ff)))];
elseif length(ff)==6;
el=[el str2double(ff(length(ff)-4:length(ff)-1))];
else
el=[el str2double(ff(length(ff)-5:length(ff)-1))];
end
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
catch
beep
end
fff(l)=el(:,3)/1000;
flow=findobj(gcbf,'Tag','text37');
setf=fff(:,l);
x(l,3)=setf;
set(flow,'String',setf);
```

```
[m n]=size(data);
if m<=7;
refreshdata(t4,'caller');
axes(handles.axes20);
t4=plot(ttt, mmm,'c*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'mmm', 'XDataSource', 'ttt',
'YDataSource', 'mmm');  hold all;plot(ttt, sss,'b*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'sss',
'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'sss');hold all;plot(ttt, nnn,'r*:','LineWidth',2,
'DisplayName', 'nnn', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'nnn'); hold all;plot(ttt,
vvv,'m*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'vvv', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'vvv'); hold
all;plot(ttt, fff,'g*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'fff', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource',
'fff');hold off; figure(gcf)
grid on;
axes(handles.axes33)
t4=plot(ttt, mmm,'c*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'mmm', 'XDataSource', 'ttt',
'YDataSource', 'mmm');  hold all;plot(ttt, sss,'b*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'sss',
'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'sss');hold all;plot(ttt, nnn,'r*:','LineWidth',2,
'DisplayName', 'nnn', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'nnn'); hold all;plot(ttt,
vvv,'m*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'vvv', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'vvv'); hold
all;plot(ttt, fff,'g*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'fff', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource',
'fff');hold off; figure(gcf)
grid on;
else
refreshdata(t5,'caller');
axes(handles.axes33);
```

EK 11 RT-SPAC Real Time program kodları (devam)

```
t5=plot(data(m-5:m,1),data(m-5:m,5),'c*:','LineWidth',2);  hold all;plot(data(m-
5:m,1),data(m-5:m,3),'b*:','LineWidth',2);hold all;plot(data(m-5:m,1),data(m-
5:m,6),'r*:','LineWidth',2); hold all;plot(data(m-5:m,1),data(m-5:m,2),'m*:','LineWidth',2);
hold all;plot(data(m-5:m,1),data(m-5:m,4),'g*:','LineWidth',2);hold off;figure(gcf)
grid on;
refreshdata(t4,'caller');
axes(handles.axes20);
hold all;plot(l, sss,'b*:', 'DisplayName', 'sss', 'XDataSource', 'l', 'YDataSource', 'sss');hold
all;plot(l, nnn,'r*:', 'DisplayName', 'nnn', 'XDataSource', 'l', 'YDataSource', 'nnn'); hold
all;plot(l, vvv,'m*:', 'DisplayName', 'vvv', 'XDataSource', 'l', 'YDataSource', 'vvv'); hold
all;plot(l, fff,'g*:', 'DisplayName', 'fff', 'XDataSource', 'l', 'YDataSource', 'fff');hold off;
figure(gcf)
t4=plot(ttt, mmm,'c*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'mmm', 'XDataSource', 'ttt',
'YDataSource', 'mmm');  hold all;plot(ttt, sss,'b*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'sss',
'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'sss');hold all;plot(ttt, nnn,'r*:','LineWidth',2,
'DisplayName', 'nnn', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'nnn'); hold all;plot(ttt,
vvv,'m*:','LineWidth',2, 'DisplayName', 'vvv', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource', 'vvv'); hold
all;plot(ttt, fff,'g*:','LineWidth',2,'DisplayName', 'fff', 'XDataSource', 'ttt', 'YDataSource',
'fff');hold off; figure(gcf)
grid on;
end
save omay1 data x y X Y rowheaders textdata zaman n lv alfa graf Fs ninput tol;
save omay2 data x y X Y rowheaders textdata zaman n lv alfa graf Fs ninput tol;
load omay1;
load omay2
M1=M2
end
end
```

EK 12 SPAC İstatistiksel analiz programı entegre kodları

Genel Dağılım Grafiği

```
baslık=char('Sicaklik','Hava','Oksijen','pH');
axes(handles.axes1)
boxplot(data,0,'+')
set(gca,'XTicklabel',baslık)
```

Verilerin standartlaştırılması ve temel bileşenlerinin bulunması

```
stdr = std(data);
sr = data./repmat(stdr,l,1);
[pcs,newdata,variances,t2] = princomp(sr);
```

1. ve 2. temel bileşenler üzerinden Skor grafiklerinin çizdirilmesi

```
axes(handles.axes2)
plot(newdata(:,1),newdata(:,2),'+')
xlabel('1st Principal Component')
ylabel('2nd Principal Component')
```

Hotelling T^2 Grafiği

```
axes(handles.axes3)
plot(t2)
```

Hotelling T^2 Yöntemine göre RT-SPAC arayüzünde izlenen ilk beş aykırı gözlem

```
[st2, index] = sort(t2);
st2 = flipud(st2);
index = flipud(index);
bzm=findobj(gcbf,'Tag','text60');
sbz=extreme5;
set(bzm,'String',sbz);
extreme = index(1:5,:);
```

EK 12 SPAC İstatistiksel analiz programı entegre kodları (devam)

Xbar grafiği

axes(handles.axes4)
conf = 0.99;
spec = [-0.5 0.5];
Xbarplot(data,conf,spec)

S grafiği
axes(handles.axes5) schart(data)
EWMA grafiği
axes(handles.axes6) ewmaplot(data,0.5,0.01,spec)

EK 13 Kesikli Maya Üretimi 1.Veri seti

Gözlem	*Sıcaklık (^{O}C)*	*Hava Besleme Hızı*	*Çözünmüş Oksijen*	*pH*
1	19,6	1,989	7,4	4,81
2	17,9	1,995	7,4	4,75
3	19,4	1,997	8,5	4,75
4	21,9	1,995	7,7	4,74
5	23,6	1,996	6,6	4,73
6	24,7	1,99	5,8	4,72
7	25,6	1,992	5	4,71
8	26	1,995	4,4	4,7
9	26,3	1,992	3,9	4,69
10	26,4	1,986	3,5	4,68
11	26,5	1,989	3,1	4,66
12	26,6	1,996	3	4,65
13	26,6	1,997	2,9	4,64
14	26,6	1,992	2,8	4,63
15	26,6	1,996	2,7	4,62
16	26,6	1,99	2,7	4,62
17	26,5	1,995	2,6	4,61
18	26,5	1,992	2,6	4,6
19	26,5	1,988	2,5	4,59
20	26,4	1,996	2,4	4,58
21	26,4	1,995	2,4	4,57
22	26,3	1,993	2,4	4,56
23	26,3	1,992	2,1	4,55
24	26,3	1,99	2	4,54
25	26,3	1,99	1,9	4,53

26	26,3	1,989	1,7	4,52
27	26,3	1,99	1,5	4,51
28	26,3	1,989	1,4	4,51
29	26,3	1,989	1,3	4,48
30	26,3	1,997	1,2	4,47
31	26,3	1,99	1,1	4,45
32	26,3	1,996	0,9	4,44
33	26,3	1,992	0,7	4,43
34	26,3	1,996	0,7	4,41
35	26,3	1,99	0,6	4,4
36	26,3	1,992	0,5	4,38
37	26,3	1,99	0,5	4,37
38	26,3	1,993	0,4	4,35
39	26,2	1,992	0,4	4,34
40	26,1	1,988	0,3	4,32
41	26,1	1,99	0,3	4,32
42	26,1	1,996	0,3	4,29
43	26,1	1,995	0,3	4,28
44	26,1	1,992	0,2	4,26
45	26,1	1,996	0,2	4,25
46	26,1	1,986	0,2	4,23
47	26,1	1,995	0,2	4,21
48	26,1	1,986	0,2	4,2
49	26,1	1,993	0,2	4,18
50	26,1	1,996	0,2	4,16
51	26,1	1,995	0,2	4,14
52	26,1	1,993	0,2	4,13

53	26,1	1,993	0,2	4,13
54	26,1	1,996	0,2	4,09
55	26,1	1,996	0,2	4,07
56	26,1	1,993	0,2	4,05
57	26,1	1,989	0,2	4,05
58	26,1	1,993	0,2	4,05
59	26,1	1,995	0,2	3,99
60	26	1,989	0,2	3,97
61	26	1,996	0,2	3,95
62	26	1,989	0,1	3,93
63	26	1,99	0,2	3,91
64	26	1,992	0,1	3,89
65	26	1,99	0,1	3,87
66	26	1,992	0,1	3,85
67	26	1,989	0,1	3,83
68	26	1,99	0,1	3,81
69	26	1,992	0,1	3,79
70	26	1,99	0,1	3,77
71	26	1,992	0,1	3,74
72	26	1,995	0,1	3,74
73	26	1,989	0,1	3,74
74	26	1,989	0,1	3,74
75	26	1,988	0,1	3,66
76	26	1,996	0,1	3,63
77	26	1,992	0,1	3,61
78	26	1,992	0,1	3,59
79	26	1,99	0,1	3,57

80	26	1,989	0,1	3,55
81	26	1,993	0,1	3,55
82	26	1,989	0,1	3,51
83	26	1,992	0,1	3,51
84	26	1,992	0,1	3,47
85	26	1,995	0,1	3,45
86	26	1,989	0,1	3,45
87	26	1,988	0,1	3,42
88	26	1,996	0,1	3,41
89	26	1,992	0,1	3,4
90	26	1,989	0,1	3,39
91	26	1,99	0,1	3,38
92	26	1,996	0,1	3,37
93	26	1,992	0,1	3,36
94	26	1,988	0,1	3,35
95	26	1,989	0,1	3,34
96	26	1,99	0,1	3,34
97	26	1,995	0,1	3,34

EK 14 Kesikli Maya Üretimi 2.Veri seti

Gözlem	***Sıcaklık (^{O}C)***	***Hava Besleme Hızı***	***Çözünmüş Oksijen***	***pH***
1	10,4	1,99	7,7	4,8
2	10,3	1,992	8,2	4,81
3	10,5	1,992	8	4,81
4	10,7	1,993	8,1	4,79
5	10,7	1,993	8,1	4,8
6	10,8	1,995	8	4,8
7	10,9	1,993	7,9	4,8
8	11	1,993	7,8	4,81
9	11,1	1,992	7,8	4,81
10	13	1,995	7,8	4,82
11	14,1	1,992	7,2	4,82
12	13,2	1,99	7	4,82
13	12,4	1,989	6,9	4,81
14	11,8	1,992	6,9	4,81
15	11,2	1,992	7,1	4,81
16	11	1,99	7	4,81
17	10,9	1,99	7,3	4,81
18	10,8	1,99	7,3	4,81
19	10,4	1,989	7	4,81
20	10,2	1,989	7,2	4,81
21	10,1	1,992	7,2	4,81
22	10,1	1,995	7,5	4,81
23	10,1	1,993	7,5	4,8
24	10	1,993	7,3	4,8
25	9,8	1,989	7,3	4,8

26	9,7	1,99	7,4	4,8
27	9,9	1,993	7,4	4,79
28	10	1,99	7,5	4,79
29	11,2	1,99	7,2	4,78
30	12,8	1,989	6,9	4,78
31	14,3	1,995	6,5	4,77
32	15,6	1,99	6	4,77
33	16,8	1,99	5,7	4,76
34	17,9	1,989	5,3	4,76
35	19	1,992	4,9	4,76
36	20,1	1,993	4,5	4,76
37	21,1	1,988	4,2	4,75
38	22,1	1,99	3,9	4,75
39	22,7	1,993	3,6	4,75
40	23,1	1,99	3,4	4,75
41	23,5	1,99	3,2	4,74
42	24	1,993	3,1	4,73
43	24,3	1,99	3	4,73
44	24,5	1,992	2,9	4,72
45	24,8	1,992	2,8	4,71
46	25	1,99	2,7	4,7
47	25,3	1,99	2,6	4,69
48	25,4	1,989	2,6	4,68
49	25,6	1,99	2,5	4,67
50	25,6	1,995	2,4	4,66
51	25,7	1,995	2,3	4,65
52	25,7	1,995	2,2	4,64

53	25,7	1,989	2,2	4,64
54	25,8	1,989	2,1	4,62
55	25,8	1,989	2	4,6
56	25,8	1,995	1,9	4,59
57	25,8	1,993	1,8	4,58
58	25,8	1,996	1,7	4,56
59	25,8	1,996	1,5	4,55
60	25,8	1,989	1,4	4,53
61	25,8	1,99	1,3	4,52
62	25,8	1,989	1,2	4,5
63	25,8	1,993	1	4,49
64	25,8	1,993	1	4,47
65	25,8	1,989	0,9	4,46
66	25,8	1,992	0,7	4,44
67	25,8	1,99	0,7	4,42
68	25,8	1,995	0,7	4,41
69	25,8	1,993	0,6	4,39
70	25,8	1,996	0,6	4,38
71	26	1,996	0,5	4,36
72	26	1,99	0,5	4,34
73	26	1,992	0,4	4,32
74	26	1,993	0,4	4,31
75	26	1,995	0,3	4,29
76	26	1,995	0,3	4,27
77	26,1	1,995	0,3	4,26
78	26,1	1,995	0,3	4,24
79	26,1	1,992	0,3	4,22

80	26,2	1,992	0,2	4,2
81	26,2	1,992	0,2	4,18
82	26,2	1,992	0,2	4,18
83	26,2	1,993	0,2	4,14
84	26,3	1,993	0,2	4,12
85	26,3	1,995	0,2	4,1
86	26,3	1,993	0,2	4,08
87	26,4	1,989	0,2	4,06
88	26,4	1,99	0,2	4,04
89	26,4	1,993	0,2	4,02
90	26,5	1,992	0,2	4
91	26,5	1,993	0,3	3,98
92	26,5	1,992	0,3	3,96
93	26,6	1,995	0,3	3,96
94	26,6	1,993	0,3	3,91
95	26,6	1,992	0,2	3,89
96	26,6	1,996	0,2	3,87
97	26,6	1,99	0,2	3,85

EK 15 Kesikli Maya Üretimi 3.Veri seti

Gözlem	*Sıcaklık (^{O}C)*	*Hava Besleme Hızı*	*Çözünmüş Oksijen*	*pH*
1	27,4	1,993	3,6	4,81
2	31,1	1,993	2,7	4,82
3	33,2	1,989	1,9	4,81
4	34,6	1,989	1,4	4,8
5	35,4	1,992	1	4,79
6	35,8	1,995	1	4,78
7	35,6	1,993	1	4,78
8	34,8	1,989	1,1	4,75
9	33,9	1,993	1,2	4,74
10	33	1,988	1,3	4,74
11	32	1,989	1,4	4,72
12	31,2	1,993	1,5	4,7
13	30,3	1,995	1,6	4,69
14	29,4	1,989	1,7	4,68
15	28,6	1,993	1,8	4,67
16	28,1	1,996	1,8	4,65
17	28	1,993	1,9	4,64
18	28,7	1,996	1,6	4,63
19	29	1,999	1,2	4,61
20	29	1,988	1,1	4,6
21	29,3	1,996	0,9	4,58
22	29,4	1,997	0,8	4,56
23	29,4	1,992	0,7	4,54
24	29,4	1,993	0,6	4,52
25	29,3	1,989	0,6	4,51

26	29	1,996	0,6	4,49
27	28,7	1,988	0,6	4,47
28	28,4	1,99	0,5	4,45
29	28,2	1,988	0,5	4,43
30	28	1,993	0,5	4,41
31	27,7	1,988	0,4	4,39
32	27,5	1,995	0,4	4,37
33	27,2	1,997	0,4	4,35
34	27	1,995	0,4	4,33
35	27	1,988	0,3	4,31
36	26,9	1,99	0,3	4,29
37	26,8	1,997	0,3	4,27
38	26,7	1,988	0,3	4,25
39	26,6	1,993	0,2	4,23
40	26,5	1,996	0,3	4,21
41	26,3	1,993	0,2	4,19
42	26,3	1,996	0,2	4,17
43	26,1	1,99	0,2	4,15
44	26,1	1,989	0,2	4,13
45	26,1	1,988	0,2	4,1
46	25,9	1,986	0,2	4,08
47	25,9	1,996	0,2	4,06
48	25,7	1,988	0,2	4,04
49	25,6	1,995	0,2	4,02
50	25,6	1,992	0,1	4
51	25,6	1,99	0,1	3,98
52	25,7	1,989	0,1	3,95

53	25,7	1,995	0,1	3,93
54	25,8	1,989	0,1	3,91
55	25,8	1,989	0,1	3,89
56	25,9	1,99	0,1	3,87
57	26	1,989	0,1	3,84
58	26	1,988	0,1	3,82
59	26	1,989	0,1	3,8
60	26,3	1,988	0,1	3,77
61	26,8	1,992	0,1	3,75
62	27,3	1,992	0,1	3,73
63	27,8	1,988	0,1	3,71
64	28,5	1,986	0,1	3,69
65	29	1,993	0,1	3,67
66	29,5	1,988	0,1	3,65
67	30,1	1,99	0,1	3,65
68	30,5	1,996	0,1	3,65
69	30,7	1,992	0,1	3,59
70	30,8	1,995	0,1	3,57
71	30,7	1,986	0,1	3,55
72	30,4	1,988	0,1	3,53
73	30	1,992	0,1	3,53
74	30	1,99	0,1	3,49
75	30,1	1,995	0,1	3,48
76	30,3	1,99	0,1	3,47
77	30,4	1,996	0,1	3,46
78	30,4	1,992	0,1	3,46
79	30,4	1,988	0,1	3,46

80	30,3	1,999	0,1	3,45
81	30,1	1,989	0,1	3,45
82	29,9	1,986	0,1	3,45
83	29,7	1,997	0,1	3,45
84	29,4	1,996	0,1	3,45
85	29,3	1,992	0,1	3,45
86	29,1	1,997	0,1	3,45
87	28,8	1,989	0,1	3,45
88	28,6	1,99	0,1	3,45
89	28,4	1,995	0,1	3,44
90	28,2	1,997	0,1	3,44
91	28	1,992	0,1	3,44
92	27,7	1,993	0,1	3,44
93	27,6	1,989	0,1	3,44
94	27,4	1,993	0,1	3,44
95	27,2	1,995	0,1	3,43
96	27,1	1,992	0,1	3,43
97	27	1,997	0,1	3,44

EK 16 Kesikli Maya Üretimi 4.Veri seti

Gözlem	*Sıcaklık (^{O}C)*	*Hava Besleme Hızı*	*Çözünmüş Oksijen*	*pH*
1	19,7	1,993	7,6	4,88
2	23	1,988	6,3	4,83
3	25,1	1,997	5,1	4,8
4	26,5	1,992	4,2	4,78
5	27,4	1,995	3,2	4,77
6	28	1,989	2,4	4,75
7	28,4	1,992	1,9	4,74
8	28,8	1,989	1,5	4,74
9	29	1,99	1,4	4,7
10	29	1,992	1,2	4,69
11	29	1,993	1,2	4,67
12	29	1,992	1,1	4,66
13	28,7	1,99	1	4,65
14	28,4	1,989	1,1	4,63
15	28,2	1,989	1,1	4,62
16	27,9	1,993	1,1	4,6
17	27,7	1,989	1	4,6
18	27,5	1,988	0,9	4,57
19	27,3	1,99	0,8	4,56
20	27,1	1,993	0,7	4,54
21	26,9	1,989	0,6	4,53
22	26,6	1,986	0,6	4,51
23	26,4	1,995	0,5	4,49
24	26,3	1,989	0,5	4,48
25	26,1	1,995	0,5	4,46

26	26	1,993	0,4	4,46
27	25,8	1,988	0,4	4,43
28	25,8	1,993	0,3	4,41
29	25,8	1,989	0,3	4,4
30	26	1,99	0,3	4,38
31	26,1	1,989	0,3	4,37
32	26,2	1,99	0,3	4,35
33	26,3	1,99	0,3	4,33
34	26,3	1,993	0,3	4,31
35	26,3	1,996	0,3	4,3
36	26,3	1,992	0,3	4,28
37	26,4	1,986	0,3	4,26
38	26,4	1,992	0,3	4,24
39	26,4	1,992	0,3	4,22
40	26,4	1,988	0,2	4,22
41	26,4	1,99	0,2	4,18
42	26,4	1,996	0,2	4,16
43	26,5	1,988	0,2	4,14
44	26,5	1,989	0,2	4,11
45	26,5	1,993	0,2	4,09
46	26,5	1,988	0,2	4,07
47	26,4	1,989	0,2	4,05
48	26,4	1,993	0,2	4,05
49	26,4	1,993	0,2	4,05
50	26,4	1,992	0,2	4
51	26,4	1,992	0,2	3,98
52	26,4	1,993	0,2	3,96

53	26,4	1,989	0,2	3,93
54	26,4	1,988	0,2	3,91
55	26,4	1,993	0,2	3,89
56	26,4	1,992	0,2	3,87
57	26,3	1,989	0,2	3,85
58	26,3	1,993	0,2	3,84
59	26,3	1,989	0,2	3,81
60	26,3	1,993	0,2	3,79
61	26,3	1,992	0,2	3,78
62	26,3	1,995	0,2	3,78
63	26,3	1,894	0,2	3,78
64	26,3	1,072	0,2	3,7
65	26,3	1,074	0,2	3,67
66	26,3	1,074	0,2	3,65
67	26,3	1,074	0,2	3,62
68	26,3	1,074	0,2	3,6
69	26,3	1,074	0,2	3,57
70	26,3	1,074	0,2	3,55
71	26,3	1,074	0,2	3,53
72	26,3	0,716	0,2	3,51
73	26,3	0,716	0,2	3,49
74	26,3	0,678	0,2	3,47
75	26,3	0,678	0,2	3,46
76	26,3	0,678	0,2	3,44
77	26,3	0,574	0,2	3,43
78	26,3	0,574	0,2	3,41
79	26,3	0,574	0,2	3,41

80	26,1	0,574	0,2	3,4
81	26,1	0,574	0,2	3,39
82	26,1	0,574	0,2	3,39
83	26,1	0,574	0,2	3,39
84	26,1	1,995	0,2	3,39
85	26,1	1,99	0,2	3,39
86	26,1	1,99	0,2	3,39
87	26,1	1,99	0,2	3,39
88	26,1	1,99	0,2	3,39
89	26,1	1,993	0,2	3,39
90	26,1	1,997	0,2	3,39
91	26,1	1,996	0,2	3,39
92	26,1	1,995	0,2	3,39
93	26,1	1,995	0,2	3,39
94	26,1	1,992	0,2	3,39
95	26,1	1,996	0,2	3,39
96	26,1	1,99	0,2	3,39
97	26,1	1,986	0,2	3,39

EK 17 Kesikli Maya Üretimi 5.Veri seti

Gözlem	*Sıcaklık (^{O}C)*	*Hava Besleme Hızı*	*Çözünmüş Oksijen*	*pH*
1	15,8	1,9921	9,1001	6,4401
2	17,4	1,993	2,4	6,44
3	16,5	1,992	7,8	6,43
4	16,6	1,993	14,7	6,39
5	17,1	1,993	8,6	6,37
6	18,2	1,992	4	6,35
7	21,7	1,992	2,4	6,37
8	21,7	1,996	2,4	6,36
9	24,8	1,989	3,7	6,01
10	25,8	1,997	3,2	5,97
11	26,6	1,992	3,2	5,95
12	27	1,99	2,9	5,93
13	27,1	1,99	2,9	5,93
14	27,2	1,988	2,6	5,9
15	27,2	1,996	2,5	5,88
16	27,3	1,992	2,5	5,87
17	27,3	1,99	2,5	5,86
18	27,3	1,988	2,4	5,84
19	27,3	1,999	2,4	5,83
20	27,2	1,996	2,4	5,81
21	27,2	1,997	2,2	5,81
22	27,1	1,992	2,1	5,81
23	27,1	1,99	2	5,81
24	27,1	1,99	2	5,81
25	27,1	1,996	1,7	5,81

26	27	1,997	1,6	5,71
27	27	1,989	1,4	5,69
28	27	1,993	1,3	5,68
29	26,9	1,99	1,2	5,66
30	26,9	1,996	1,2	5,64
31	26,9	1,989	0,8	5,62
32	26,8	1,996	0,8	5,6
33	26,8	1,993	0,7	5,59
34	26,8	1,988	0,6	5,57
35	26,8	1,993	0,5	5,57
36	26,8	1,989	0,5	5,53
37	26,8	1,999	0,5	5,53
38	26,7	1,993	0,4	5,49
39	26,7	1,989	0,4	5,47
40	26,7	1,997	0,4	5,46
41	26,7	1,996	0,4	5,44
42	26,7	1,989	0,3	5,42
43	26,7	1,988	0,3	5,4
44	26,7	1,988	0,3	5,4
45	26,7	1,986	0,7	5,37
46	26,7	1,988	0,6	5,35
47	26,7	1,996	0,6	5,34
48	26,7	1,99	0,4	5,32
49	26,7	1,989	0,3	5,3
50	26,7	1,99	0,3	5,28
51	26,7	1,993	0,3	5,27
52	26,7	1,989	0,3	5,25

53	26,7	1,993	0,3	5,24
54	26,7	1,99	0,6	5,22
55	26,7	1,996	0,9	5,21
56	26,7	1,989	0,9	5,19
57	26,7	1,996	0,9	5,18
58	27	1,99	1	1,93
59	27	1,992	1	1,93
60	27	1,99	1	1,93
61	27,2	1,996	1	1,93
62	27,2	1,996	1	5,15
63	27	1,99	1	5,13
64	27	1,992	1	5,13
65	26,9	1,992	1	5,09
66	26,9	1,992	1	5,09
67	26,9	1,993	1	5,09
68	26,9	1,993	0,9	5,09
69	26,9	1,995	0,9	5,09
70	26,9	1,995	0,9	4,99
71	26,8	1,996	0,9	4,96
72	26,8	1,996	0,9	4,94
73	26,8	1,993	0,9	4,92
74	26,8	1,996	0,9	4,89
75	26,8	1,995	0,9	4,86
76	26,8	1,995	0,9	4,84
77	26,8	1,989	0,9	4,81
78	26,8	1,992	0,9	4,79
79	26,8	1,989	0,8	4,76

80	26,8	1,992	0,8	4,74
81	26,7	1,997	0,8	4,72
82	26,7	1,99	0,9	4,71
83	26,7	1,995	1	4,71
84	26,7	1,997	1	4,72
85	26,7	1,99	1	4,74
86	26,8	1,989	1	4,76
87	26,8	1,992	1	4,76
88	26,9	1,989	1,1	4,78
89	26,9	1,989	1,1	4,79
90	26,9	1,992	1,1	4,8
91	26,9	1,989	1,1	4,8
92	26,9	1,99	1,1	4,79
93	26,9	1,993	1,2	4,78
94	26,9	1,99	1,1	4,77
95	26,8	1,99	1,2	4,76
96	26,8	2	1,2	4,75
97	26,7	1,988	1,2	4,73

EK 18 Kesikli Maya Üretimi 6.Veri seti

Gözlem	*Sıcaklık (^{O}C)*	*Hava Besleme Hızı*	*Çözünmüş Oksijen*	*pH*
1	27,4	1,9951	1,7001	6,1801
2	27,4	1,988	1,6	6,17
3	27,4	1,99	1,5	6,16
4	27,4	1,99	1,3	6,15
5	27,4	1,99	1,1	6,14
6	27,4	1,995	1	6,13
7	27,4	1,996	0,9	6,13
8	27,3	1,995	0,8	6,12
9	27,3	1,99	0,7	6,11
10	27,3	1,997	0,7	6,1
11	27,3	1,995	0,6	6,09
12	28	1,989	0,6	6,09
13	29,3	1,989	0,5	6,08
14	31	1,992	0,5	6,08
15	35,1	1,996	0,4	6,08
16	39,8	1,997	0,5	6,08
17	42,5	1,995	0,5	6,08
18	39,9	1,992	0,5	6,08
19	38,1	1,997	0,4	6,07
20	37,1	1,993	0,4	6,07
21	36,3	1,995	0,3	6,03
22	35,6	1,995	0,3	6,01
23	34,8	1,996	0,3	5,99
24	33,5	1,99	0,3	5,97
25	31,5	1,99	0,6	5,95

26	30,7	1,989	0,4	5,94
27	30,1	1,999	0,4	5,92
28	29,6	1,993	0,3	5,92
29	28,8	1,992	0,4	5,9
30	28	1,989	0,4	5,88
31	27,4	1,992	0,7	5,88
32	26,9	1,99	0,7	5,87
33	26,5	1,999	0,6	5,85
34	26,3	1,989	0,6	5,83
35	25,9	1,995	0,6	5,82
36	25,6	1,997	0,7	5,8
37	25,3	1,99	0,7	5,78
38	25	1,995	0,6	5,77
39	24,8	1,989	0,7	5,75
40	24,6	1,993	0,6	5,75
41	24,3	1,989	0,6	5,7
42	24,1	1,995	0,6	5,67
43	23,8	1,993	0,6	5,64
44	23,6	1,99	0,6	5,61
45	23,6	1,989	0,6	5,58
46	23,4	1,993	0,6	5,54
47	23,4	1,989	0,5	5,5
48	23,4	1,989	0,5	5,46
49	23,4	1,989	0,5	5,42
50	23,4	1,993	0,6	5,42
51	23,4	1,993	0,6	5,34
52	23,4	1,989	0,6	5,3

53	23,4	1,988	0,6	5,26
54	23,4	1,99	0,6	5,22
55	23,4	1,993	0,6	5,18
56	23,4	1,989	0,6	5,14
57	23,4	1,989	0,6	5,11
58	23,5	1,993	0,5	5,07
59	23,5	1,988	0,5	5,03
60	23,6	1,992	0,5	5
61	23,6	1,989	0,5	4,96
62	24,1	1,992	0,5	4,93
63	25,8	1,99	0,6	4,92
64	28,9	1,993	0,6	4,94
65	32,7	1,992	0,6	5
66	35,1	1,995	0,6	5,08
67	38	1,992	0,5	5,18
68	40,8	1,992	0,5	5,27
69	43,1	1,988	0,4	5,34
70	41	1,995	0,4	5,39
71	37,7	1,992	0,4	5,4
72	30,8	1,996	0,5	5,38
73	26,7	1,989	0,6	5,38
74	24,3	1,993	0,8	5,33
75	22,9	1,992	0,9	5,31
76	22,4	1,995	1	5,28
77	22,8	1,993	0,9	5,25
78	23,6	1,996	0,9	5,23
79	24,2	1,988	0,8	5,22

80	24,5	1,989	0,8	5,2
81	24,6	1,995	0,8	5,18
82	24,7	1,999	0,8	5,16
83	24,7	1,989	0,7	5,15
84	24,7	1,988	0,7	5,13
85	24,7	1,996	0,7	5,11
86	24,7	1,995	0,7	5,09
87	24,7	1,993	0,7	5,07
88	24,7	1,993	0,7	5,05
89	24,6	1,996	0,7	5,03
90	24,6	1,992	0,7	5,02
91	24,5	1,995	0,7	5
92	24,5	1,989	0,7	5
93	24,4	1,993	0,7	4,96
94	24,4	1,993	0,7	4,94
95	24,3	1,993	0,7	4,92
96	24,3	1,99	0,7	4,9
97	24,3	1,99	0,7	4,88