

**ARI KOVANLARININ DURUM VE  
PERFORMANSLARININ İLERİ BESLEMELİ  
SİNİR AĞI İLE TESPİT EDİLMESİ**

**2011  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**Tuncay SOYLU**

**ARI KOVANLARININ DURUM VE PERFORMANSLARININ İLERİ  
BESLEMELİ SİNİR AĞI İLE TESPİT EDİLMESİ**

**Tuncay SOYLU**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Ocak 2011**

Tuncay SOYLU tarafından hazırlanan “ARI KOVANLARININ DURUM VE PERFORMANSLARININ İLERİ BESLEMELİ SİNİR AĞI İLE TESPİT EDİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Raif BAYIR

Tez Danışmanı, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 24 / 01 / 2011

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan: Doç. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Salih GÖRGÜNOĞLU (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Baha ŞEN (KBÜ)



...../...../2011

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Tuncay SOYLU

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ARI KOVANLARININ DURUM VE PERFORMANSLARININ İLERİ BESLEMELİ SİNİR AĞI İLE TESPİT EDİLMESİ**

**Tuncay SOYLU**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Raif BAYIR**

**Ocak 2011, 71 sayfa**

Bu çalışmada, arı kovanlarının durum ve performansları, ileri beslemeli sinir ağı kullanılarak tespit edilmektedir. Kovan durumunu ve performansını tespit etmek için kovan içi arı sesleri, kovan içi sıcaklık, ortam sıcaklığı, kovan içi nem, ortam nemi ve kovan ağırlığı verileri kullanılmaktadır. Arı seslerinin bilgisayar ortamına aktarılması için hassas bir mikrofon ve bu mikrofonu uygun bir ses kartı tercih edilmiştir. Bilgisayara aktarılan arı seslerinin analizlerinin yapılabilmesi için arı seslerinin hızlı Fourier dönüşümü alınmaktadır. Sıcaklık ölçümü için termokupl, nem ölçümü nem algılayıcısı ve ağırlık ölçümü için de yük hücresi kullanılmaktadır. Algılayıcı ve dönüştürücülerden ölçülen veriler, bir veri alış verişi kartı yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. İleri beslemeli sinir ağıları Matlab sinir ağı araç kutusu kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Kovan durumunu tespit etmek için kovan içi arı seslerinin hızlı Fourier dönüşümü ileri beslemeli sinir ağının giriş parametresi

olarak kullanılmaktadır. İleri beslemeli sinir ağı sekiz farklı sonuç ile kovan durumunu başarıyla tespit etmektedir. Kovan performansının tespit edilmesinde kullanılan ileri beslemeli sinir ağının giriş parametresi olarak kovan içi sıcaklık, ortam sıcaklığı, kovan içi nem, ortamın nemi ve kovan ağırlığı parametreleri kullanılmaktadır. İleri beslemeli sinir ağı beş farklı sonuç ile arı kovanının performansını başarıyla belirlemektedir.

Bu çalışmada ileri beslemeli sinir ağlarının çıkış bilgisi ile arıcılar, arı kovanlarını açmadan, kovanlarının durum ve performanslarını öğrenebilirler. Bu sayede arıcılar kovanlarına erken müdahale edebilirler. Bu çalışma özellikle gezgin arıcılık yapan arıcılara buldukları bölgenin iklim şartlarının, arılar için uygun olup olmadığının belirlenmesinde de rahatlıkla kullanılabilir.

**Anahtar Sözcükler** : Hızlı Fourier dönüşümü, ileri beslemeli sinir ağı, arı kovanlarının durum tespiti, arı kovanlarının performans tespiti

**Bilim Kodu** : 702.1.182

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **DETERMINING CONDITIONS AND PERFORMANCES OF BEEHIVES VIA FEED FORWARD NEURAL NETWORK**

**Tuncay SOYLU**

**Karabük University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Electronic and Computer Education**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. Raif BAYIR**

**January 2011, 71 pages**

In this study, it is aimed to determine the conditions and performances of beehives via using feed forward neural network. Interior sounds of beehive, inside temperature of beehive, environment temperature, inside humidity of beehive, environment humidity and beehive weight datum are used in order to determine beehive conditions and performances. Sensitive microphone and sound card which is compatible to the microphone is chosen in order to transfer bee sounds to computer. Fast Fourier transform is performed to bee sounds in order to analyze bee sounds which are transferred computer. Thermocouples for temperature measuring, humidity sensors for humidity measuring and loadcell for weight measuring are used. Parameters obtained from sensors and transducers are transferred to the computer environment via using data acquisition card. Feed forward neural networks are performed by using Matlab Neural Network Toolbox. Fourier transforms of interior sounds of beehive are used for feed forward neural network's input parameters to determine beehive conditions. Feed forward neural network successfully determines

beehive condition for eight different results. Inside of beehive temperature, environment temperature, inside of humidity, environment humidity and beehive weight which are input parameters of feed forward neural network are used to determine beehive performance. Feed forward neural network successfully determines beehive performance for five different results.

Outcomes of the study, beekeepers that have output of feed forward neural network are able to determine beehives conditions and performances without opening beehives. Thus, beekeepers could interfere with the beehives. The study could provide especially mobile beekeepers to determine whether climate conditions where beehives located are appropriate for bees.

**Key Words** : Fast Fourier transform, feed forward neural network, determining condition of beehives, determining performance of beehives

**Science Code** : 702.1.182



## **TEŞEKKÜR**

Bu tez alıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütölmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Raif BAYIR' a teŐekkürlerimi sunarım.

Tez alıŐmaları sırasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, Ali UYSAL ve Emel KOÇAK' a teŐekkürü bir borç bilirim.

Her zaman beni destekleyen aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| ÖZET .....  | iv           |
| ABSTRACT .....  | vi           |
| TEŞEKKÜR .....  | viii         |
| İÇİNDEKİLER .....   | ix           |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                     | xii          |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                   | xiv          |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                       | xv           |
| <br>  |              |
| BÖLÜM 1 .....   | 1            |
| GİRİŞ .....   | 1            |
| <br>  |              |
| BÖLÜM 2 .....   | 3            |
| ARICILIK VE BAL ARILARI .....                             | 3            |
| 2.1. BAL ARILARININ BÜYÜME VE GELİŞMESİ.....              | 3            |
| 2.1.1. Yumurta.....                                       | 3            |
| 2.1.2. Larva.....   | 4            |
| 2.1.3. Pupa.....  | 5            |
| 2.2. ARI KOLONİSİNİ OLUŞTURAN BİREYLER.....               | 5            |
| 2.2.1. Ana Arı .....                                      | 6            |
| 2.2.2. İşçi Arılar.....                                   | 7            |
| 2.2.2.1. Kovan İçi Görevleri.....                         | 8            |
| 2.2.2.2. Polen Taşıma.....                                | 8            |
| 2.2.2.3. Nektar Taşıma .....                              | 9            |
| 2.2.2.4. Su Taşıma ve Depolama .....                      | 10           |
| 2.2.2.5. Propolis Taşıma.....                             | 10           |
| 2.2.3. Erkek Arılar .....                                 | 10           |
| 2.3. KOVAN DURUM VE PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER.... | 11           |
| 2.3.1. Sıcaklık.....                                      | 12           |
| 2.3.2. Nem .....  | 13           |
| 2.3.3. Ağırlık .....                                      | 13           |

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 2.3.4. Oğul Verme Dönemi .....   | 13           |
| 2.3.5. Kovan İçi Arı Sesleri.....  | 14           |
| 2.3.6. Genel Arı Hastalıkları .....  | 15           |
| 2.3.6.1. Amerikan Yavru Çürüklüğü .....                                      | 15           |
| 2.3.6.2. Avrupa Yavru Çürüklüğü .....  | 15           |
| 2.3.6.3. Tulumsu Yavru Çürüklüğü .....                                       | 16           |
| 2.3.6.4. Bal Mumu Güvesi .....   | 17           |
| 2.3.6.5. Dizanteri .....   | 17           |
| 2.3.6.6. Varroa .....  | 18           |
| 2.3.6.7. Kronik Arı Felci .....  | 18           |
| <br>   |              |
| BÖLÜM 3 .....  | 19           |
| KOVAN DURUM VE PERFORMANSININ TESPİTİ İÇİN<br>HAZIRLANAN DENEY DÜZENEGİ..... | 19           |
| 3.1. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ .....   | 21           |
| 3.1.1. Termokupl .....   | 21           |
| 3.1.2. Termokupl Yükselteci .....  | 23           |
| 3.2. KOVAN AĞIRLIĞININ ÖLÇÜMÜ .....  | 25           |
| 3.2.1. Strengaç .....  | 25           |
| 3.2.2. Wheatstone Köprüsü .....  | 26           |
| 3.2.3. Yük Hücresi ve Yük Hücresi Yükselteci .....                           | 27           |
| 3.3. NEMİN ÖLÇÜLMESİ .....   | 29           |
| 3.4. VERİLERİN BİLGİSAYARA AKTARIMI .....                                    | 29           |
| 3.5. KOVAN İÇİ ARI SESLERİNİN ÖLÇÜLMESİ .....                                | 30           |
| 3.5.1. Kapasitif Mikrofon.....   | 30           |
| 3.5.2. Ses Sinyallerinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması .....               | 32           |
| 3.6. SİNYAL ANALİZİ .....  | 32           |
| 3.6.1. Fourier Temelli Sinyal Analizi .....                                  | 33           |
| 3.6.2. Ayrık Fourier Dönüşümü ve Hızlı Fourier Dönüşümü .....                | 33           |
| 3.7. YAPAY SİNİR AĞLARI .....  | 36           |
| 3.7.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....                               | 42           |
| 3.7.2. Matlab Sinir Ağı Araç Kutusu .....                                    | 43           |

|  | <b><u>Sayfa</u></b> |
|--|---------------------|
| BÖLÜM 4 .....  | 46                  |
| DENEYSSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLAR .....                                      | 46                  |
| 4.1. KOVAN DURUMUNUN TESPİT EDİLMESİ.....                                | 46                  |
| 4.1.1. Kovan Durumunun Tespiti İçin Veri Setinin Oluşturulması.....      | 46                  |
| 4.1.2. İleri Beslemeli YSA İle Kovan Durumunun Tespiti.....              | 51                  |
| 4.2. KOVAN PERFORMANSININ TESPİT EDİLMESİ.....                           | 55                  |
| 4.2.1. Kovan Performansının Tespiti İçin Veri Setinin Oluşturulması..... | 55                  |
| 4.2.2. İleri Beslemeli YSA İle Kovan Performansının Tespiti.....         | 61                  |
| <br>   |                     |
| BÖLÜM 5 .....  | 66                  |
| SONUÇ VE ÖNERİLER .....  | 66                  |
| KAYNAKLAR.....   | 68                  |
| ÖZGEÇMİŞ.....  | 71                  |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| Şekil 2.1. Arı yumurtası .....                              | 3            |
| Şekil 2.2. Arı larvası .....                                | 4            |
| Şekil 2.3. Pupa dönemi .....                                | 5            |
| Şekil 2.4. Arı bireyleri.....                               | 5            |
| Şekil 2.5. Polen taşıyan işçi arı.....                      | 9            |
| Şekil 3.1. Sistemin blok diyagramı .....                    | 19           |
| Şekil 3.2. Sistemin görünümü .....                          | 20           |
| Şekil 3.3. Kovanın görünümü.....                            | 21           |
| Şekil 3.4. Termokupl.....                                   | 22           |
| Şekil 3.5. Termokupl sıcaklık-gerilim grafiği .....         | 23           |
| Şekil 3.6. Deneysel çalışmada kullanılan termokupllar ..... | 23           |
| Şekil 3.7. Termokupl yükselteci .....                       | 24           |
| Şekil 3.8. Strengaç .....                                   | 25           |
| Şekil 3.9. Ölçüm sisteminin üzerindeki strengaç .....       | 26           |
| Şekil 3.10. Wheatstone köprü devresi .....                  | 27           |
| Şekil 3.11. Yük hücresi ve yük hücresi yükselteci .....     | 28           |
| Şekil 3.12. Nem algılayıcısı .....                          | 29           |
| Şekil 3.13. Veri alış veriş kartı ve terminal bordu.....    | 30           |
| Şekil 3.14. Kapasitif mikrofonun iç yapısı.....             | 31           |
| Şekil 3.15. Kapasitif mikrofon .....                        | 31           |
| Şekil 3.16. Kapasitif mikronun dB – frekans grafiği.....    | 31           |
| Şekil 3.17. Ses kartı .....                                 | 32           |
| Şekil 3.18. Örnek Cooley-Tukey penceresi .....              | 36           |
| Şekil 3.19. Temel yapay sinir ağı hücresi .....             | 39           |
| Şekil 3.20. Aktivasyon fonksiyonları .....                  | 41           |
| Şekil 3.21. Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı.....     | 42           |
| Şekil 3.22. Nntool penceresi .....                          | 43           |
| Şekil 3.23. Ağ oluşturma penceresi .....                    | 44           |
| Şekil 3.24. Ağ eğitimi penceresi.....                       | 44           |

## Sayfa

|  |    |
|--|----|
| Şekil 3.25. Simulink Gensim ağ modeli .....  | 45 |
| Şekil 4.1. Normal durum için kovan içi örnek arı sesleri grafikleri .....                              | 49 |
| Şekil 4.2. Oğul verme döneminde kovan içi örnek arı sesleri grafikleri .....                           | 49 |
| Şekil 4.3. Kovanda iki ana arı olduğunda kovan içi örnek arı sesleri grafikleri .....                  | 49 |
| Şekil 4.4. Kovan sıcaklığı arttırıldığında kovan içi örnek arı sesleri grafikleri .....                | 50 |
| Şekil 4.5. Kovan sıcaklığı düşürüldüğünde kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.....                  | 50 |
| Şekil 4.6. Kovan nemi arttırıldığında kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.....                      | 50 |
| Şekil 4.7. Kovana duman verildiğinde kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.....                       | 51 |
| Şekil 4.8. Arılar kek ile beslendiğinde kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.....                    | 51 |
| Şekil 4.9. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan YSA .....                                  | 52 |
| Şekil 4.10. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağın eğitimi .....                        | 52 |
| Şekil 4.11. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağın<br>performans grafiği .....          | 53 |
| Şekil 4.12. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağın<br>eğitim durumu .....               | 54 |
| Şekil 4.13. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağın<br>eğitiminin doğrulaması .....      | 54 |
| Şekil 4.14. Çok kötü performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri.....                          | 57 |
| Şekil 4.15. Kötü performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri .....                             | 58 |
| Şekil 4.16. Normal performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri .....                           | 59 |
| Şekil 4.17. İyi performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri.....                               | 60 |
| Şekil 4.18. Çok iyi performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri.....                           | 61 |
| Şekil 4.19. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan YSA .....                            | 62 |
| Şekil 4.20. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağın eğitimi .....                   | 63 |
| Şekil 4.21. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağın<br>performans grafiği .....     | 63 |
| Şekil 4.22. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağın<br>eğitim durumu .....          | 64 |
| Şekil 4.23. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağın<br>eğitiminin doğrulaması ..... | 64 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| Çizelge 3.1. Termokupl tipleri .....  | 22           |
| Çizelge 3.2. Denede kullanılan termokuplların özellikleri .....                             | 23           |
| Çizelge 3.3. Seneca K109 TC giriş hassasiyeti ve giriş aralığı .....                        | 25           |
| Çizelge 3.4. Wheatstone köprü tipleri .....   | 27           |
| Çizelge 3.5. Yük hücresinin teknik özellikleri .....  | 28           |
| Çizelge 5.1. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağın test edilmesi...         | 55           |
| Çizelge 5.2. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağın test edilmesi ..... | 65           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| $\Psi(N)$          | : | aktivasyon fonksiyonu                  |
| $\Sigma$           | : | toplam                                 |
| A                  | : | Amper                                  |
| A/D                | : | analog sayısal çevirici                |
| B                  | : | byte                                   |
| bps                | : | bit per second (saniyedeki bit sayısı) |
| $^{\circ}\text{C}$ | : | santigrat derece                       |
| D/A                | : | sayısal analog çevirici                |
| f                  | : | frekans                                |
| f(x)               | : | sinir ağı fonksiyonu                   |
| g                  | : | gram                                   |
| Hz                 | : | Hertz                                  |
| k                  | : | kilo                                   |
| mA                 | : | mili Amper                             |
| mV                 | : | mili Volt                              |
| o                  | : | nöron çıkışı                           |
| Pa                 | : | Pascal                                 |
| $\Re$              | : | reel sayılar                           |
| R                  | : | direnc                                 |
| S                  | : | örnekleme                              |
| s                  | : | saniye                                 |
| V                  | : | Volt                                   |



## KISALTMALAR

|      |   |   |
|------|---|---|
| AA   | : | alternatif akım   |
| AFD  | : | ayrık Fourier dönüşümü  |
| DA   | : | doğru akım  |
| FD   | : | Fourier dönüşümü  |
| FFT  | : | fast Fourier transform (hızlı Fourier dönüşümü)                 |
| FIFO | : | ilk giren ilk çıkar (first in first out)                        |
| HFD  | : | hızlı Fourier dönüşümü  |
| PCI  | : | çevresel bileşen bağlantısı (peripheral component interconnect) |
| PCL  | : | yazıcı komut dili (printer command language)                    |
| SW   | : | anahtar (switch)  |
| TAFD | : | ters ayrık Fourier dönüşümü                                     |
| YSA  | : | yapay sinir ağları  |
| YZ   | : | yapay zeka  |

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

İnsanların arılarla olan ilişkisi, kayalıklarda ve ağaç kovuklarında buldukları yabani arı kolonilerinden bal elde etmeyi öğrenmeleriyle başlamıştır. 19. yüzyılda şekerin saflaştırılması başarılıncaya kadar bal yegâne tatlandırıcı olmuştur. Bal yalnızca gıda olarak değerlendirilmemiş, aynı zamanda bir ilaç olarak da kullanılmıştır [1].

Bal arıları koloniler halinde yaşarlar, çiçeklerden nektar ve polen toplarlar. Yaz sonlarında birkaç yüz arılı koloni oluşturan diğer arı türleri yılın bir bölümünde yalnız yaşarlar. Bu türlerde ana arılar sonbaharda çiftleşir ve kışı korunaklı bir yerde uyur vaziyette geçirdikten sonra ilkbaharda yalnız başına koloni oluştururlar. Bal arılarını diğer arı türlerinden ayıran en önemli özellikleri koloninin tek yıllık olmamasıdır. Bal arıları sabit bir koloni yapar ve kışı aynı yerde geçirirler. İlkbahar gelince de koloni olarak faaliyete geçer ve diğer arı türlerine göre avantaj sağlarlar. Kışları soğuk geçen yerlerde Nisan ortasından Haziran sonuna kadar devam eden birkaç haftalık çiçeklenme mevsiminde diğer arı türlerine sayıca üstünlük sağlamak bal arısının hayatta kalma stratejisini oluşturmaktadır. Koloni yılın geriye kalan 40 haftasında en çok günlük tüketimine yetecek kadar besin toplayabilir, çoğunlukla tükettiği kadarını toplayamaz ve mevcut stoklarını kullanır [1].

Binlerce yıl önce arıların besinlerini yuvalarından alarak bal toplayan insanoğlu, zamanla bal arılarını kovanda yaşatmayı başarmış, yüzyıllar boyunca arıların hareketlerini daha fazla denetim altına almak ve kovan içinde olup bitenleri anlamak için uğraşmıştır. Bu amaçla ilk gözlem kovanı 1678' de Paris' te yapılmıştır. Bundan bir asır sonra Huber' in birçok çerçevenin bir kitabın yaprakları gibi asıldığı, gerektiğinde açılıp incelenebilen plaka kovanı ortaya çıkmıştır [2].

Modern arıcılık, Amerikalı arıcı L. L. Langstroth' un 1851 yılında bugün kendi adıyla

anılan çerçeveli kovani bulmasıyla başlamıştır. Arıcılıkta bu yıllardan sonra teknik ve bilimsel gelişmeler hız kazanmış ve günümüzdeki düzeyine ulaşmıştır. Arıların biyolojileri, yüksek verim için ihtiyaç duyulan yöntemler araştırılmış, araştırmalardan elde edilen bilimsel sonuçlar arıcılığa entegre edilerek bugünkü noktaya gelinmiştir [1,2].

Arıcılıkta isim yapmış pek çok arıcı kendine özgü yönetim sistemlerini oluşturmuş ve bu yöntemleri başarılı bir şekilde uygulamıştır. Bu yöntemlerden bazıları artık birer kural haline almıştır. Bazı yöntemlerse ortak özellikler göstermekle birlikte evrenselleşememekte ancak belli koşullarda geçerliliğini korumaktadır. Her arıcı temel yöntemler ışığında içinde bulunduğu şartlarla uyumlu olan bir yönetim sistemi belirlemelidir. Bu sistem, basit, iyi sonuç alınan, başarısı kanıtlanmış, arıların en az rahatsız edildiği, en az işgücü ile gerçekleştirilebilen az sayıdaki uygulamadan oluşmalıdır [1,3].

Bu çalışmada bal arısı kovanının durum ve performansının tespiti yapay sinir ağları kullanılarak gerçekleştirilmektedir [4]. Kovan durumunu tespit etmek için kovan içi arı sesleri kullanılmaktadır. Kovan performansını tespit etmek için kovan içi sıcaklık, ortamın sıcaklığı, kovan içi nem, ortamın nemi ve kovan ağırlığı kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde arıcılık ve bal arıları ile ilgili arıların büyüme ve gelişmesi, arı kolonisini oluşturan bireyler, kovan durum ve performansını etkileyen faktörler hakkında bilgi verilmektedir. Üçüncü bölümde kovan durum ve performansının tespiti için hazırlanan deney düzeneği hakkında detaylı bilgiler verilmektedir. Deney düzeneğinde kullanılan sıcaklık, nem, kovan ağırlığı ölçümü, kovan içi arı seslerinin ölçülmesi, ölçülen verilerin bilgisayara aktarılması, sinyal analizi ve yapay sinir ağları hakkında ayrıntılı bilgiler verilmektedir. Dördüncü bölümde kovan durum ve performansının ileri beslemeli sinir ağı ile tespit edilmesi verilmektedir. Beşinci bölümde ileri beslemeli sinir ağlarının başarımları ve bu çalışmanın kullanılabileceği yerler belirtilmektedir. Ayrıca bu konuda yapılacak çalışmalar hakkında öneriler sunulmaktadır.

## BÖLÜM 2

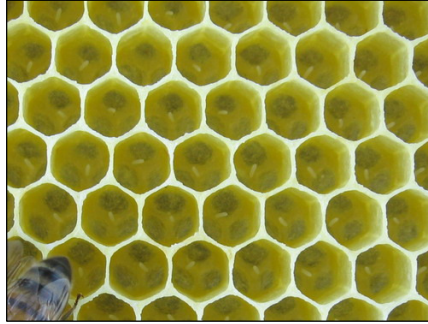
### ARICILIK VE BAL ARILARI

#### 2.1. BAL ARILARININ BÜYÜME VE GELİŞMESİ

Bal arıları yaşama bir yumurta olarak başlarlar. Ana arının petek gözlerine yumurtladığı döllenmiş yumurtalardan işçi arılarla ana arılar, dölsüz yumurtalardan ise erkek arılar meydana gelmektedir. Bir arının yaşamında yumurta, larva, pupa ve ergin olmak üzere 4 farklı gelişme dönemi vardır. Petek gözü içerisinde geçen dönem (kuluçka süresi) ana arıda 16, işçi arılarda 21, erkek arılarda da 24 gün sürmektedir [5].

##### 2.1.1. Yumurta

Arı yumurtası silindir şeklinde, uçları yuvarlak ve uzun ekseni boyunca eğri bir dışbükey görünümündedir (Şekil 2.1). Petek üzerinde işçi arı yetiştirmek için yapılmış gözler küçük, erkek arı yetiştirmek için yapılanlar ise büyüktür. Ana arı petek gözü büyüklüğüne göre büyük göze dölsüz, küçük göze döllü yumurta bırakır.



Şekil 2.1. Arı yumurtası.

Yumurta petek gözüne bırakıldığı zaman dikey konumdadır. Dikey konumda

birakılan yumurta yavaş yavaş yana eğilerek üçüncü günün sonunda petek gözünün tabanında tamamen yatay bir konuma girer. Bu özellikten faydalanarak petek gözündeki yumurtanın kaç günlük olduğu kolayca anlaşılır. Döllü yumurta döllenmemiş yumurtaya oranla daha hızlı gelişir ve dört saatte gelişimini tamamlar. Embriyo 3. günün sonunda yumurtadan çıkar ve larva dönemine gelir [5].

### 2.1.2. Larva

Bal arısı larvası renk, şekil, hacim olarak çok hızlı ve önemli değişiklik gösterir. Bu dönemde vücudu oluşturan halkalar üzerinde gözenekler bulunur ve başta ağız parçaları oluşmuştur. Larva dönemine geçmeden az önce işçi arılar yumurtanın yanına arı sütü koymaya başlamışlardır (Şekil 2.2). Larvanın çıkışıyla birlikte göze oldukça fazla miktarda arı sütü bırakılır. Larva yumurtadan çıktığı an beslenmeye başlar. Bütün arı bireyleri larva döneminin ilk üç gününde arı sütüyle beslenir. Arı sütü 5-15 günlük işçi arılar tarafından salgılanır.



Şekil 2.2. Arı larvası.

Larvaya verilecek arı sütünün ölçüsü bireylere göre değişir ve en çok arı sütünü ana arı larvaları tüketir. Ana arı larvaları bütün larva dönemi boyunca arı sütüyle beslenir. Larva döneminin ikinci üç günlük kısmında işçi ve erkek arı larvaları çiçek tozu bal karışımına benzer, polen ihtiva eden düşük kaliteli arı sütüyle beslenirler. Döllü yumurta bu beslenme farklılığından dolayı işçi ve ana arı olarak gelişebilmektedir. Yani döllü yumurtalardan meydana gelecek ferden işçi veya ana arı olması onun larva dönemindeki beslenme şekline bağlıdır [5].

### 2.1.3. Pupa

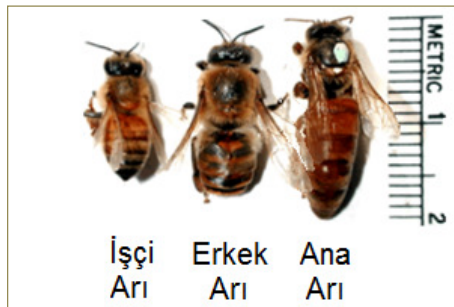
6 günlük larva döneminde 5 kez gömlek değiştiren larva pupa dönemine girer. Yumurta yumurtlandıktan 8 gün sonra, işçi arı larvası içeren gözün ağzı mühürlenir. Larva 9. gününde başındaki özel bir bezden salgıladığı salgıyı kullanarak bir kozaya dönüşür (Şekil 2.3). Larva 10. gününde bu kozasında hareketsiz olarak durur. Bu devre prepupa (pupa öncesi) devresi olarak adlandırılır. 11. gün prepupa bir pupa olur. Pupa dönemi prepupa dönemiyle birlikte ana arıda 7, işçi arıda 12 ve erkek arıda 15 gündür [5].



Şekil 2.3. Pupa dönemi.

## 2.2. ARI KOLONİSİNİ OLUŞTURAN BİREYLER

Bal arıları koloni adı verilen topluluklar olarak yaşayan sosyal böceklerdir. Bir arı kolonisinde ana arı, işçi arı ve erkek arı olmak üzere üç değişik birey vardır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Arı bireyleri.

Ana arı ve işçi arılar dişi bireyler olup döllü yumurtalardan gelişirler. Erkek arılar ise dölsüz yumurtalardan gelişirler. Bal arıları içgüdüleriyle hareket eden canlılar olduğundan aynı çevre koşullarında benzer davranışlar gösterirler. Arı ailelerinde kışın genellikle dişi bireyler vardır. Erkek arılar ilkbaharda yeni sezonla birlikte görülmeye başlarlar [5].

### **2.2.1. Ana Arı**

Normal koşullar altında her arı ailesinde sadece bir ana arı vardır ve döllü yumurtalardan gelişir. İşlevi yumurtlayarak yeni nesillerin meydana gelmesini sağlamak, salgıladığı feromon denilen hormonal kokularla kolonideki bireylerin sevk ve idaresini sağlamak, arı ailesini bal sezonuna hazırlamak, işçi arıları polen toplamaya teşvik etmek, koloninin su ihtiyacı vb. bütün işler ana arının kontrolünde gerçekleşir [5].

Ana arının vücut yapısı ince ve uzun, rengi diğer bireylere göre daha açık, canlı ve parlaktır. Özellikle kolonide yavru yetiştirme aktivitesinin yüksek olduğu dönemlerde karın çok uzundur. Vücudu işçi arılardan geniş, erkek arılardan daha uzundur. Ana arının kanatları işçi arının kanatlarından daha uzundur. Ancak kanat uzunluğu kendi vücuduna oranla kısa olduğundan uçuş yeteneği fazla değildir. Özellikle çiftleşme sonrasında uçuş yeteneği, vücut büyüklüğünün artmasına bağlı olarak daha da azalmaktadır.

Ana arı genellikle kendisini çevreleyen ve temizliği ve beslenmesiyle ilgilenen bir grup işçi arı arasında görülür. Yaşamı süresince sadece çiftleşme amacıyla kovan dışına çıkar. Kendi kendine beslenemez. Beslenmesi; bakıcı işçi arıların ağzına arı sütü vermeleri şeklinde olur.

Ana arı işçi arıya göre daha uzun ve çentikli kısmında az çentiği bulunan iğneye sahiptir. Bu nedenle iğnesini batırıp çıkararak defalarca kullanabilir. Zehir bezleri oldukça gelişmiştir. Ana arı iğnesini kovandaki rakip ana arılara ve ana arı memelerine karşı kullanır.

Ana arı, ana arı memesi veya ana arı yüksüğü denilen özel bir göz içerisinde gelişir ve kuluçka süresi 16 gündür. Gözden çıktıktan 6-8 gün sonra güneşli, sıcak ve rüzgarsız bir günde ve öğleden sonra çiftleşme uçuşuna çıkar. Salgıladığı feromonla erkek arılar ana arıyı takip ederler ve açık havada uçarken 8-10 erkek arıyla çiftleşir. Çeşitli nedenlerle yeterince erkek arıyla çiftleşemeyen ana arı daha sonraki günlerde 2-3 defa çiftleşme uçuşuna çıkar. Çiftleşmesini tamamlayan ana arı kovanına döner ve 2-3 gün sonra yumurtlamaya başlar. Ana arı günde ortalama 1500-2000 adet, iyi koşullarda 2000-3000 adet yumurta yumurtlayabilir.

Ana arı feromon adı verilen bazı kimyasal maddeler salgılayarak işçi arıları etrafına çeker, kolonide birliği, düzeni sağlar. Feromon kokusunu algılayan işçi arılar kolonideki işleri düzenle yürütürler. Aynı zamanda bu feromonlar işçi arıların yumurtalıklarının gelişmesini ve kolonide yeni bir ana arı yetiştirmelerini önler. Ana arıların salgıladığı feromonlar arıların vücut teması ve gıda bölüşümü yoluyla kolonideki bütün bireylere ulaştırılır. Herhangi bir nedenle anasız kalan ve ana yetiştirme olanağı bulunmayan bir kolonide işçi arılardan bazılarının yumurtalıkları gelişerek yalancı ana meydana gelir. Yalancı analar dölsüz yumurta bırakırlar [5].

Ana arıların ortalama yaşam süreleri 3-5 yıl olmakla beraber 7 yıla kadar yaşayabilirler. Ancak artan yaş ile birlikte giderek daha az yumurtlarlar ve daha fazla oranda dölsüz yumurta bırakırlar. Bu nedenle teknik arıcılıkta genç, sağlıklı ve verimli ana arılarla çalışmak esastır ve ana arılar 1-2 yılda bir değiştirilirler [5].

### **2.2.2. İşçi Arılar**

Döllenmiş yumurtalardan meydana gelirler. Koloninin gücüne ve mevsime bağlı olarak kolonide işçi arı sayısı değişir. Kolonideki işçi arı sayısı kış aylarında 10000-15000 arasında değişirken, ilkbaharda sayıları daha da azalır. Baharın ilerleyen dönemlerinde sayıları giderek artar ve yaz aylarında kolonilerde çeşitli faktörlere bağlı olarak 60000-80000 adet işçi arı oluşabilir. Kolonilerin gücü sahip oldukları işçi arı varlığı ile belirlenir.

Normal koşullar altında yumurtlama hariç kolonideki bütün işler olağanüstü bir



işbirliği halinde işçi arılar tarafından yapılır. İşçi arıların kolonide sorumlu oldukları işlerden başlıcaları; kovan temizliği, balmumu salgılama ve petek örme, arı sütü salgılama ve yavruların bakımı, kovanın havalandırılması, ana arının bakımı ve beslenmesi, kovan bekçiliği, kovana nektar, polen, propolis ve su taşınması ve balın olgunlaştırılmasıdır.

Ömürleri kısa olup ağır bir çalışma temposu ve yıpranma nedeniyle ilkbahar aylarında ve yaz başlarında meydana gelen işçi arılar 35-40 gün yaşarken, yaz sonu ve sonbahar başlarında meydana gelenler daha uzun süre yaşarlar. Kuluçka süresini tamamlayıp petek gözünden çıkan işçi arıların görevi hemen başlar [5].

### **2.2.2.1. Kovan İçi Görevleri**

İşçi arılar, 0-3 günlük yaşlarında kendisini temizler, besleyici arılardan yiyecek alarak beslenir, yavru gözlerini temizler ve yavrulu gözler üzerinde dolaşarak kuluçka sahasında gerekli sıcaklığın oluşmasını sağlarlar.

İşçi arılar, 3-6 günlük yaşta, petek gözlerinden aldıkları çiçek tozu ve bal ile hazırladıkları karışımla yaşlı larvaları beslerler. 6-12 günlük yaşta, arı sütü salgılamaya başlarlar ve genç larvaları beslerler. Çevreyi tanıma uçuşlarına çıkarlar. Uçuş eğitimi ve kovan çevresinde uyum uçuşları yaparlar. 12-18 günlük yaşta, balmumu üretir ve petek örerler. Ayrıca kovan temizliğiyle de uğraşırlar. 18-20 günlük yaşta, kovan uçuş deliğinde ve uçuş tahtası üzerinde nöbet tutarak kovan bekçiliği yaparlar, koloniyi yabancı arılara ve yaklaşan her türlü tehlikeye karşı korurlar. 20. gününü tamamlayıp 21 günlük olan işçi arılar artık bütün deneyimlerini kazanmış ve kovanına gıda taşıma yeteneğine ulaşmışlardır. Açıklanan bu üç haftalık kovan içi temizliklerinden sonra ömürlerinin geri kalan kısmında kovan dışında ve arazide çalışarak kovana nektar, polen, propolis ve su taşırlar. Kovan dışı bu görevleri yapan arılara "tarlacı arılar" denir [5].

### **2.2.2.2. Polen Taşıma**

Arıların beslenmesi için özellikle yavru büyütme için mutlaka polene ihtiyaç vardır.

Polen, protein, yağ, vitamin ve mineral madde kaynağıdır. Polen olmadan koloni kuluçka faaliyetini sürdüremez.

Arılar birkaç çiçeği dolaştıktan sonra vücudu üzerindeki poleni orta bacağındaki tüyler vasıtasıyla arka bacaklarında bulunan polen sepetine aktararak kovana getirir ve petek gözüne bırakır (Şekil 2.5). Kovan içi hizmeti gören genç işçi arılar bu poleni göz içerisine çene ve başı ile yerleştirir ve dili ile de nemlendirir.



Şekil 2.5. Polen taşıyan işçi arı.

Bir polen yükü olan iki topu yapabilmek için 50-100 çiçek ziyaret edilmesi gerekir. Bir petek gözü polenle dolması için 1500 yonca çiçeğinin ziyaret edilmesi gerekmektedir. Polen toplamak için günlük uçuş sayısı ortalama 6-8 olmasına rağmen bu sayı 45'e kadar çıkmaktadır. Bir polen yükünün ağırlığı 12-25mg arasında değişmektedir [5].

### 2.2.2.3. Nektar Taşıma

Arıların bal yapmak üzere çiçeklerden topladıkları şekerli sıvıya nektar (bal özü) denir. Arı bir çiçekte nektar olup olmadığını diliyle belirler. Ayrıca nektarın kokusunu da algılayarak nektar olup olmadığını anlar. Arı nektarı bulduğu anda hızla kursağına çeker, kursağını dolduruncaya kadar çiçekleri dolaşır. Küçük çiçeklerden 1000-1500 çiçek ziyaret edilerek kursağını doldururken büyük çiçeklerden bazen 100 ziyaretle kursağını doldurabilmektedir.

Nektar taşıyan arının 1 günlük sefer sayısı ortalama 8-10 seferdir. Bu sayı 24' e kadar çıkmaktadır. Arının bir seferde taşıyabildiği nektar miktarı 70 mg' dır. Nektar taşıyan arı kovan içerisine girdiği zaman nektarı kovan içinde görevli arı veya arılara aktarır, onlar da kovan içinde petek gözlerine yerleştirir. Nektarın bala dönüşümü için hem fiziksel hem de kimyasal değişime ihtiyaç vardır. Fiziksel değişim suyunun azaltılması, kimyasal değişim de nektar şekeri sakarozun enzimlerle glikoz ve früktoza indirgenmesidir [5].

#### **2.2.2.4. Su Taşıma ve Depolama**

Yaşayan bütün organizmaların suya ihtiyaç duymaları gibi arılar da suya ihtiyaç duyarlar. Ayrıca arılar suyu balın sulandırılmasında, kovan içini serinletmekte ve kovan önünü nemlendirmekte kullanılmaktadırlar. Suyu kovana taşıyan arılar kovan içine geldiklerinde, getirdikleri suyu diğer arılara aktarırlar. Sadece bir arıya aktarabileceği gibi 18 arıya kadar dağıttığı da görülmektedir.

Sıcak ve kurak havalarda suyu polen ve nektar gibi depolamaktadır. Su depolama işi peteğin üst kısmına, bal mumu ile yapılan küçük bölmelere depolanır. Su taşıyan arılar 1 günde ortalama olarak 50 sefer yaparlar. Kovana taşınan su miktarı ortalama 25mg olup 50mg' a kadar çıkabilir. Dolayısıyla bir arı bir günde 1250mg su taşımaktadır. Böylece kovana 1 litre su taşınabilmesi için 800 arının su taşınması gerekir [5].

#### **2.2.2.5. Propolis Toplama**

Propolis toplayan arılar kaynağı bulduktan sonra çenesi ile ısırır, ön bacakları yardımıyla koparır ve polen sepetine atarak kovana getirir. Kovan içerisinde diğer arılar propolisi çekerek küçük parçalar halinde alıp istedikleri yerlere özenle yapıştırırlar. Arılar propolisi kovan çatlaklarını kapatmakta kullanırlar [5].

#### **2.2.3. Erkek Arılar**

Döllenenmemiş yumurtalardan gelişen erkek arılar koloninin en iri bireyidirler. Çevre

koşullarına ve koloninin gücüne bağlı olarak kolonilerde Nisan, Mayıs aylarından itibaren erkek arıları görmek mümkündür. En çok oğul mevsiminde görülen ve tumbul yapılı olan erkek arıların boyu ana arının boyu kadar uzun değildir, fakat işçi arılardan ve ana arıdan daha geniş ve iridir. Erkek arılar çok kısa bir dile sahiptir. Bu nedenle çiçeklerden nektar alamaz. İğneleri olmadığından kendilerini de koruyamazlar.

Kolonide erkek arı miktarı sezona ve kolonideki koşullara bağlı olup oğul mevsiminde sayıları 500-2000 arasındadır. Koloniler ilkbahar ve yaz başlarında erkek arı yetiştirmeye başlarlar. Geç sonbaharda ve kış aylarında normal koşullarda kolonilerde erkek arı bulunmaz. Son derece tembel ve obur olan erkek arıların başlıca görevi çiftleşme uçuşuna çıkan dölsüz ana arılarla çiftleşmektir. Erkek arı dölsüz ana arıyı havada yakalar ve onunla çiftleşir. Ana arıyla çiftleşen erkek arı çiftleşme organını kaybeder ve ölür. Ortalama yaşam süresi 55-60 gündür. İşçi arılar ergin erkek arıları koloniden atmak veya erkek arı yumurta, larva ve bazen de pupaların bir kısmını tahrip etmek suretiyle kovadaki erkek arı sayısını düzenlemektedir. Erkek arı yumurtalarının ancak %50-56' sının ergin arı olarak gelişmesine fırsat verilir.

Erkek arılar 4 günlük olduklarında uçuş faaliyetlerine başlar fakat genellikle 5-7 günlükken uçarlar. Erkek arılarda en yoğun uçuş aktivitesi saat 14-16 arasındadır. Erkek arılar genellikle sıcaklık 18-20°C' nin üzerine çıkmadıkça uçmazlar. Uçuş amacı çevreyi tanıma, dışkılamak veya çiftleşme olabilir. Günde ortalama uçuş sayısı 2-4 olup bu sayı 17' ye kadar çıkabilir. Uçuşa çıkmadıkları zamanlarda kovanda yavrulu çerçeve üzerinde dururlar [5].

### **2.3. KOVAN DURUM VE PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Bal arısının performansı, üretilen bal, yumurta, larva, pupa ve kovana getirilen polen ile doğru orantılıdır. Kovan içi sıcaklık, nem, ağırlık değişimleri, arının oğul verme dönemine girmesi, kovan içi arı sesindeki değişimler kovan performans ve durumunu etkileyen ve belirleyen faktörlerdir. Arı hastalıkları da kovan performans ve durumunu etkilemektedir. Arı hastalıkları arının günlük normal uçuşlarına engel

olacaktır. Uçuş aktivitelerine ve arının hareket kabiliyetlerinin kısıtlanmasına bağlı olarak sıcaklık, nem, ağırlık ve arı sesleri parametrelerinde değişiklik meydana gelecektir.

### **2.3.1. Sıcaklık**

Bal arıları metabolizma açısından soğukkanlıdır, vücut sıcaklıkları değişkendir. Ancak bu arıların vücut sıcaklıklarını kontrol etme yetenekleri olmadığı anlamına gelmez. Aktif durumdaki arılar normalde endotermiktir ve vücut sıcaklığını ortam sıcaklığından daha yüksek tutarlar [1,6].

Bal arıları; soğukkanlı böceklerdir. Vücut sıcaklıkları minimum 27°C' dir. Vücut sıcaklığı 15-17°C' ye düşünce kendilerini tekrar ısıtabilirler. Vücut sıcaklıkları yazın yavru yetiştirme döneminde 35,5°C' dir [7,8].

Arı göğüs bölgesinin sıcaklığını daima ortam sıcaklığının 20°C üzerinde tutmaya çalışır. Eğer ortam sıcaklığı yükselirse arının vücut sıcaklığı da aynı oranda yükselir. Ancak arının vücut sıcaklığı ortam sıcaklığını sürekli bu şekilde takip edemez. Eğer ortam sıcaklığı 40°C' ye ulaşırsa, yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilenmemek için vücut sıcaklığı 40°C' nin altında (38°C) kalır. Ortam sıcaklığı yükselmeye devam eder ve 50°C' ye ulaşırsa hızlı bir ölüm meydana gelir. Ortam sıcaklığı 10°C' nin altına düşerse, hayatta kalabilmek için göğüs bölgesinin sıcaklığını artırmak zorundadır. Göğüs bölgesinin sıcaklığı 8°C' ye düştüğünde arı koma durumuna gelmektedir [1].

Ortam sıcaklığı 28°C' nin altına düştüğünde bal arıları göğüs kaslarının harekete geçirilmesi (shivering) ile ısınırlar. Bu işlem, kanat kaslarının kanatlarla bağlantısının kesilerek ısı üretimi için hızlı bir şekilde kasılıp gevşetilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bu esnada kaslar normal bir uçuş hareketindeki gibi senkronizedir, ancak uçuştakinin 1/10'u kadar kas kasılması meydana gelir. Bu yerinde uçuş hareketi sırasında arılar sabit durumda görülürler, her hangi bir kanat veya göğüs hareketi gözlenmez. Bu hareketsizlik kasların karşılıklı olarak hareket ettirilmesi nedeniyle kas liflerinin boyutunda herhangi bir değişim olmaması ve

göğüs bölgesinin şeklinin aynı kalmasıyla sağlanmaktadır [1,6].

- Sıcaklık 20°C' den yüksek iken; Tek arının davranışı uygulanır.
- Sıcaklık 14-19°C arasında iken; Arılar 20 ile 200 arıdan oluşan küçük gruplar oluşturur.
- Sıcaklık 10-14°C arasında iken; Küçük gruplar ana arının bulunduğu grubun etrafında salkımı oluşturmak üzere toplanırlar [1].

### **2.3.2. Nem**

Arılar kovan içi bağıl nemi %45 ile %55 arasında tutmaya çalışmaktadır. Aşırı nem balın bozulmasına ve çeşitli arı hastalıklarına sebep olmaktadır. Nemin aşırı yüksek olması kovanda küf ve bakteri üremesine neden olur. Nem istenilen orandan fazla ise işçi arılar tarafından kovan havalandırılır. İstenilen orandan az ise işçi arılar dışarıdan kovan içine su taşır [9,10].

### **2.3.3. Ağırlık**

Kovan performansını arttırmak için arılara şurup, vitamin, protein, kek verilmektedir. Verilen bu besleyici öğeler, kovan içi yumurta sayısı, larva sayısı, pupa sayısı, polen alanı ve bal alanını arttırdığı gözlemlenmiştir [11]. Dışarıdan verilen besleyici ve arının performansını arttırıcı maddeler, kovan ağırlığına da doğrudan etki etmektedir. Arılara dışarıdan herhangi bir müdahalede bulunmadan, kovan ağırlığındaki değişim, kovan performansı hakkında bilgi verir.

Bal arılarının kovana giriş çıkış faaliyetleri de kovan performansını belirleyici bir unsurdur. Kovan girişine yerleştirilen bir Infra Red alıcı ve verici ile kovana giriş çıkış yapan bal arılarının tespiti yapılmıştır [12]. Bal arılarının kovana giriş çıkış faaliyeti gün içerisindeki kovan ağırlığındaki değişim ile belirlenebilir.

### **2.3.4. Oğul Verme Dönemi**

Oğul verme dönemi bal arılarının üremesi için gerekli bir faktördür. Oğul verme

ilkbahar döneminin başlarında ve güçlü arı popülasyonlarında görülür. Oğul verme süreci, sürecin en başından itibaren yaklaşık 1 ay sürer. İşçi arılar oğul verme zamanı yaklaştığında normal uçuşuna engel olabilecek kadar bal yerler (her arı 36mg). Bazı işçi arılar vızıldayarak diğer işçi arıları oğul verme dönemine hazırlarlar [13]. Oğul verme dönemi geldiğinde ise kovadaki arının büyük bir çoğunluğu ve bal kaybı yaşanır. Bal arılarının oğul vermeden birkaç saat önce tespiti sıcaklık, nem ve ses parametreleri ile mümkün olmuştur [14].

Kovan önüne konulmuş video kamera ile görüntü, kovan içi sıcaklık, kovan içi bağıl nem bilgilerinden faydalanarak kovan inceleme altına alınmıştır. Bu sayede oğul verme dönemi ve kovanda oluşabilecek herhangi bir değişim takip edilmiştir [15]. Kovan içi arı seslerinin oğul verme döneminde analizi yapılmış ve arıların 233,8Hz (Hertz) frekansında ses çıkardığı tespit edilmiştir. Oğul verme başından sonuna kadar kaydedilmiştir ve saniye olarak periyotlara bölerek analizler yapılmıştır [16,17].

Sadece ses parametresi ile yapılan bir çalışmada sesin oğul verme dönemine girmesi ile frekansının değiştiği tespit edilmiştir. Oğul vermeden 21 gün önce kovan içi ses frekansının 240Hz, 8 gün önce 270Hz, oğul vermeden bir gün önce 300Hz olarak tespit edilmiştir. Arı kovanının içinden ana arı alındıktan 5 saat sonra 300Hz ile 400Hz arasında sesler çıkardığı tespit edilmiştir [18].

### **2.3.5. Kovan İçi Arı Sesleri**

Kirchner arı sesleri üzerine birçok araştırma ve çalışmalar yapmıştır [19-21,23-25]. Bal arıları ile ana arı arasındaki iletişim üzerine yapmış olduğu bir çalışmada, titreşim ve arı seslerinden faydalanmıştır [19]. Bal arısının, çevrede bulduğu bir besin kaynağını kovana anlatmak için kullandığı arı dansı sesleri üzerine çalışmalar yapılmıştır [20-24]. Benzer bir başka çalışmada arıların 90-140Hz arasında arı dansı sesleri çıkardığı belirlenmiştir [25]. Arı seslerinin spektrum analizi yapılarak beslenen arıların 180-220Hz arası, uçan arıların 225-280Hz arası, durağan koloninin 280-350Hz arası, oğul verme zamanı 550-630Hz ve 700-800Hz arası sesler çıkardığı tespit edilmiştir [26].

Bir başka çalışmada bal arılarının 6 farklı kimyasal bileşiğe verdiği tepki arıların sesleri ölçülerek analiz edilmiştir. Bal arıları 1 haftalık işçi arı arılar, 2 haftalık işçi arılar ve 3 haftalık işçi arılar olarak gruplandırılmıştır. Bu gruplar üzerinde aynı kimyasal maddeler denenmiştir ve arıların verdiği tepkiler kaydedilerek analiz edilmiştir [27].

### **2.3.6. Genel Arı Hastalıkları**

Arı hastalıkları arının günlük uçuş aktivitelerini, larva miktarını, yumurta sayısını, oluşan işçi arı sayısını etkilemektedir. Arı hastalıklarından en çok bilinenleri, Amerikan yavru çürüklüğü, Avrupa yavru çürüklüğü, tulum su yavru çürüklüğü, bal mumu güvesi, dizanteri, varroa ve kronik arı felcidir.

#### **2.3.6.1. Amerikan Yavru Çürüklüğü**

Amerikan yavru çürüğü, dünyada arıcılar için büyük sorun oluşturmaktadır. Olumsuz çevre koşullarında spor oluşturarak uzun yıllar canlı kalabilir. Bulaşma, genellikle arıcıların daha önce infekte kovanda kullandıkları ve sterilize olmayan alet ve ekipmanı kullanmaları, hastalıklı ve zayıf kolonileri sağlam kolonilerle birleştirmeleri, kaynağı belli olmayan balla arıların beslenmesi gibi sebeplerle hastalık bulaştırılır. Ayrıca hastalık sebebiyle zayıflamış olan kovanın diğer arılar tarafından yağmalanması sırasında hastalığın sporları sağlam kovanlara taşınır. Bu hastalıktan ölmüş yavrular çürüyüp göz içinde kalırlar. İşçi arılar bu ölmüş larvaları atarlarken kendi vücutlarına bulaşmış olan sporlarla diğer gözlere de bu hastalığı bulaştırırlar [28].

#### **2.3.6.2. Avrupa Yavru Çürüklüğü**

Bulaşma genellikle arıcılarımızın daha önce infekte kovanda kullandıkları ve sterilize olmayan alet ve ekipmanı kullanmaları, hastalıklı ve zayıf kolonileri sağlam kolonilerle birleştirmeleri, kaynağı belli olmayan balla arıların beslenmesi gibi sebeplerle hastalık bulaştırılır. Ayrıca hastalık sebebiyle zayıflamış olan kovanın diğer arılar tarafından yağmalanması sırasında hastalığın sporları sağlam kovanlara



taşınır. Larvalar bakteriyi besleyici arıların getirdikleri besinlerle sindirim sistemine alırlar. Mide ve bağırsakta gelişmeye başlar. Larva, pupa dönemine girdikten sonra etmen bağırsaktan dışkı ile petek gözün içine atılır. Petek gözün içindeki bu atıkları işçi arılar temizlik esnasında alır ve dışarı atarlar. Ancak bu sırada diğer larvalara da bakteriyi bulaştırırlar. Patojen bakteri yavrunun gıdasını ve bağırsak içeriğini hızla tükettiği için larvanın pupa dönemine çok zayıf girmesine veya pupa döneminde ölmesine neden olur. Ölümler diğer fırsatçı patojenlerinde olaya karışması ile hızlanır. Petek üzerinde yavrulu alan düzgün olmayıp açık ve kapalı gözler birbirine karışmıştır. Ölümler genellikle açık gözlerde larva döneminde görülür (%90), eğer ölüm gözler kapandıktan sonra yani pupa döneminde olmuşsa göz kapağı delinir ve rengi açılır. Larvanın rengi önce sarıya, sonra kahverengi ve siyaha dönüşür. Ölü larvalar sulu ve yumuşaktır [28].

Hastalıklı kolonide gelişme hızı düşer, ergin arı sayısı ile yavru miktarında büyük azalma görülür. Arıların polen ve nektar toplama aktivitesi azalır. Kapalı petek göz üzerindeki sır tabakasının rengi matlaşarak içeriye doğru çöker. Ölü larvanın kıvamı önceleri sulu ve yumuşak, sonra sertleşerek hamur kıvamı alır. Ölü larvalar tabanın dibine yapışmaz Kovandan kokuşmuş et kokusu gelir. Her üç bireyin larvası da bu hastalığa yakalanır. Hastalıklı larvalar genellikle bakıcı arılar tarafından dışarı atıldığı için güçlü kolonilerde uzun süre fark edilmeyebilir. Ancak ölümler çok fazla olursa ve kovan güçlü değilse larvalar atılamaz ve petek gözü içerisinde çürümeye başlarlar. Ölü larvalar petek gözü tabanında C şeklinde kıvrılmış durumdadırlar. Gözün tabanına yapışmazlar ve petek göze bir kibrit çöpü sokulduğunda gözden rahatlıkla çıkarılabilirler. Göze bir çöp sokularak karıştırıldığında 2-4cm kadar bir uzama gözükür [28].

### **2.3.6.3. Tulumsu Yavru Çürüklüğü**

Larvalar tulumsu yavru çürüklüğü virüsünü, işçi arıların yavru gıda bezlerinden gelen bulaşık salgılarıyla vücutlarına alırlar. Kuluçka süresi 6-7 gün kadardır. Hasta larvalar, yavru gözleri sırandıktan kısa bir süre sonra pupa haline geçmeden ölürlür. Virüs, larvanın deri değiştirme düzenini bozduğu için eski deri baş kısmından kopamaz ve iki deri tabakası arasında bir miktar sıvı toplanır. Bunun sonucunda baş

bölgesi şişkin hale gelerek kıvrılır, vücut adeta tuluma benzer bir görünüm alır. Hastalığın yayılmasında kovani şaşırın erkekler önemli rol oynar. Bulaşma, daha çok yavru döneminde yani mevsim başında görülür ve daha sonra kaybolur. Hastalık, arıcının hiçbir müdahalesi olmadan yaz aylarında tamamen ortadan kalkabilir. Bulaşık kolonilerde kışın yavru bulunmadığı dönemlerde bile virüs çoğalmasına devam edebilir. Virüsü taşıyan ergin arılarda hastalık belirtilerine rastlanmaz. Ancak hasta koloniler zayıflar ve bal veriminde düşüş görülür. Hasta larvalar pupa dönemine geçmeden ölür. Ölümler açık gözlerde az, sırlanmış gözlerde daha fazladır. Ölü larvalarda petek gözüne yapışma olmadığı için kolaylıkla çıkarılabilir [28].

#### **2.3.6.4. Bal Mumu Güvesi**

Büyük balmumu güvesi larvaları bal ve depolanmış polenler üzerinde beslenerek ağır ekonomik kayıplara neden olur. Sağlıklı kolonilerde balmumu güvesinin zararı işçi arılar tarafından etkili bir şekilde kontrol edilebilir. Ancak zayıf kolonilerde büyük kayıplar meydana getirir. Larvaları özellikle havalandırması yetersiz olan sıcak depolardaki kovanlarda, ballı veya süzölmüş çerçevelerde büyük ürün kayıplarına neden olur. Ürün kaybının temel sebebi çok hareketli olan larva dönemleridir. Larvalar beslenmek için balmumu içerisinde tüneller açarak ilerlerler ve peteğin yapısını bozarlar. Yumurtalarını bal arılarının ulaşamayacağı yarık ve deliklere yumurtlarlar. Normal koşullarda (24-26°C) bu yumurtalardan 5-8 günde larvalar çıkar. Yeni çıkan larva ipeksi yapılı bir tünelde peteğin tabanına doğru ilerlemeye başlar. Sıcaklık ve besine bağlı olarak 1-5 ay beslenir ve büyür. Bu dönem sonunda larva boyu 1mm' den 22mm' ye kadar büyür. Peteklere en çok bu larva dönemindeyken zarar verir. Larvalar polen yanında arı larvası gömleği ve dışkı ile beslenir. Sadece balmumu ile beslenen larva gelişmesini tamamlayamaz. Larvaların gelişmesi için en uygun sıcaklık 29-35°C' dir. 4-5°C' de ise gelişim tamamen durur. Düşük rakımlı yörelerimizde tahribatı daha fazladır. Sıcak ve ılıman iklime sahip kıyı şeridinde daha fazla hasara sebep olur [28].

#### **2.3.6.5. Dizanteri**

Dizanteri, bulaşıcı olmayan ve hazım bozuklukları nedeniyle ergin arıların ishale

yakalanmaları şeklinde ortaya çıkan bir hastalıktır. Bu hastalık birçok sebepten dolayı ortaya çıkabilir. Bunlar arasında Fermente olan gıda stokları, sonbaharda sulandırılan şurupla besleme, kirli şurupların verilmesi, rutubet ya da nemlilik, arıların uzun süre kapalı tutulmaları, akide, pekmez, lokum, ham şekerle yapılan beslemeler sayılabilir. Uyuşuk arılar, şişen abdomenler, sarıdan kahverengiye kadar dışkı ile bulaşan kovanlar, hastalık hafif seyrediyorsa koloniye fazla zarar vermez. Hastalık şiddetli seyredirse toplu ölümler başlar ve koloni sönebilir [28].

#### **2.3.6.6. Varroa**

Önceleri *Varroa jacobsoni* olarak bilinen bu akarın aslında *Varroa destructor* olan farklı bir akar türü olduğu ortaya çıkmıştır. Kolonilerde tespit edilen 30 kadar farklı akar türünden sadece birkaçı arılara zararlı olmakta ve arıcılık için önem taşımaktadır. *Varroa destructor* bunlardan bir tanesidir. Arılar ve arıcılar için en büyük sorunlardan biridir. *Varroa* arıların hemolenfini (omurgasızlarda vücut boşluğu içerisinde bulunan sıvı) emerek beslenir. *Varroa*'nın hızla yayılmasının en önemli nedeni gezginci arıcılıktır. *Varroa* hastalığının olduğu bölgeye götürülen arılara bulaşan varroalar buradan diğer bölgelere de yayılmıştır [28].

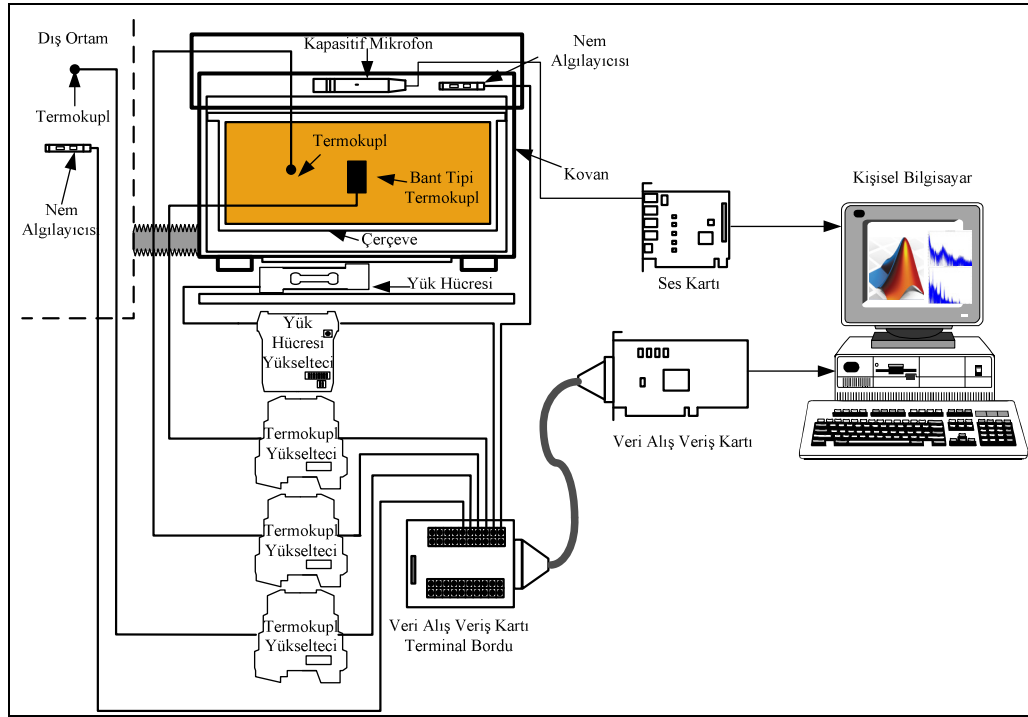
#### **2.3.6.7. Kronik Arı Felci**

Hastalığın etmeni Ribo Nükleik Asit yapıdaki bir virüstür. 1991 yılında tüm coğrafi bölgelerimizde görülmüştür. Hastalık genelde haziran ve temmuz aylarında görülür. Sonbaharda ise hastalıkta azalma olur. Birçok arıcı bunu tarım ilaçlarından ileri gelen zehirlenmelerle karıştırmaktadır. Virüsün kuluçka ısısı optimum 35°C' dir. Bulaşma şekli kesin olarak bilinmemekle beraber arılar arasında bal alışverişi ile olduğu sanılmaktadır [28].

### BÖLÜM 3

#### KOVAN DURUM VE PERFORMANSININ TESPİTİ İÇİN HAZIRLANAN DENEY DÜZENEGİ

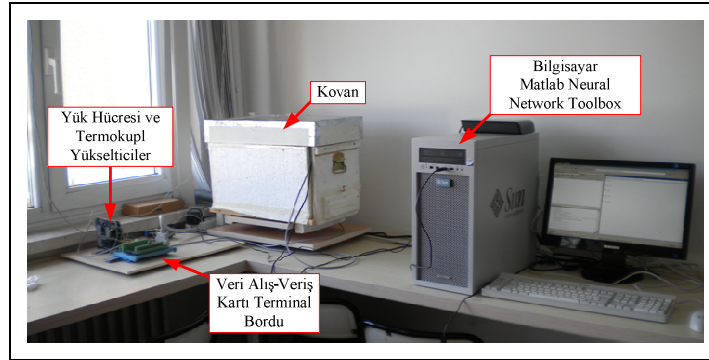
Bu çalışmada arı kovanı durum ve performansı tespit etmek için kullanılan sistemleri gösteren blok diyagram Şekil 3.1' de verilmektedir. Deneysel çalışmada kullanılan kovanın kapasitesi 5 çerçevedir. Kullanılan arı kolonisi Kafkas melezidir. Ana arı Mayıs 2010 doğumludur. Kovanın çıkışı güney-doğu istikametine bakacak şekilde, laboratuvar içerisine yerleştirilmiştir. Kovanın bir yüzeyi arı kolonisinin durumunun incelenebilmesi için camdan yapılmıştır. Bu sayede deneysel çalışmalarda kovan içi faaliyetler görülebilmektedir. Gözlem dışında ısı ve ışık muhafazası için yoğun köpük ile kapatılmaktadır.



Şekil 3.1. Sistemin blok diyagramı.

Kovanın üst kısmında metal ızgara bulunmaktadır. Kovan içi sıcaklığı ölçmek için bir adet termokupl metal ızgaranın içerisinde 2. ve 3. çerçevelerin arasına yerleştirilmiştir. Bant tipi (Strip) bir başka termokupl ise kovanın camına yerleştirilmiştir. Ortam sıcaklığını ölçmek için bir diğer termokupl kovan dışına yerleştirilmiştir. Kovan dışına yerleştirilen termokupl, kovan içine yerleştirilen termokupl ile aynı özelliklere sahiptir. Termokupllardan elde edilen mV (mili Volt) seviyelerindeki gerilim değerlerini V (Volt) seviyesine getirebilmek için termokupl yükselteç kullanılmaktadır. Termokupl yükselteç çıkışındaki gerilim, termokuplun bulunduğu ortam sıcaklığına göre 0-5V arasında değişmektedir.

Kovan içi arı giriş çıkış faaliyetlerini, bal akışını ve popülasyon artışını veya düşüşünü ölçmek için kovanın altına bir yük hücresi yerleştirilmiştir. Yük hücresindeki değişimleri istenilen gerilim seviyelerine getirebilmek için yük hücresi yükselteci kullanılmaktadır. Yük hücresi yükselteci çıkışında, kovan ağırlığına göre 0-5V arasında değişen gerilim elde edilmektedir.

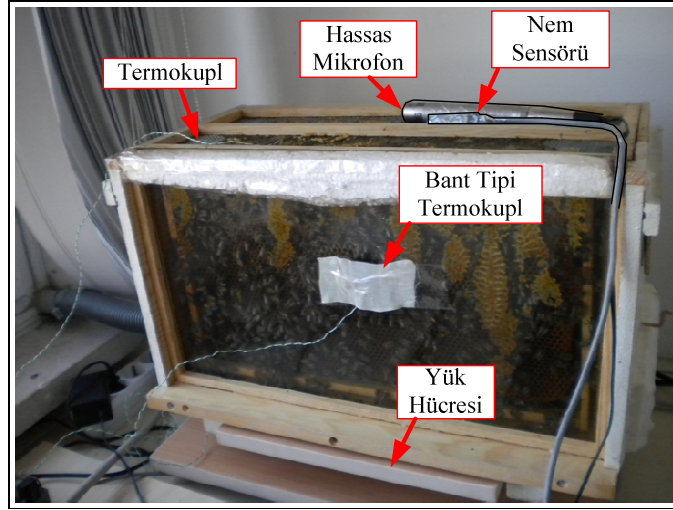


Şekil 3.2. Sistemin görünümü.

Kovan içi nemi ve ortam nemini ölçebilmek için aynı özellikte iki adet nem algılayıcısı kullanılmaktadır. Nem algılayıcılarının çıkışı bulunduğu ortamın nemine göre 0-1V arası gerilim üretebilmektedir. Sıcaklık, ağırlık, nem sensörlerinden elde edilen gerilim bilgisinin bilgisayar ortamına aktarılabilmesi için veri alış verişi kartı kullanılmaktadır.

Kovan durumunu tespit edebilmek amacıyla kovan içi sesleri kaydedilmektedir. Sesi kaydetmek için kapasitif mikrofon kullanılmaktadır. Kullanılan mikrofonu

uygun ses kartı üzerinden mikrofondan elde edilen ses bilgileri bilgisayara kaydedilmektedir. Kovana verilecek şerbet ve kek, kovanın üst kısmına yerleştirilen metal ızgara üzerinden verilmektedir. Diğer çerçevelerin kontrol edilebilmesi için bu ızgara yerinden çıkarılabilmektedir. Deneysel çalışmalarda kullanılan ve kurulan sistemin resmi Şekil 3.2’ de verilmektedir. Kovanın resmi Şekil 3.3’ de verilmektedir.



Şekil 3.3. Kovanın görünümü.

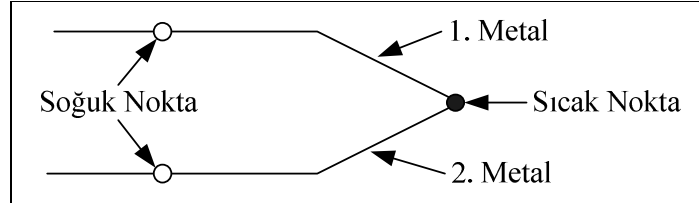
Kovan içi nemi ölçmek için kullanılan nem sensörü, kovan üzerindeki ızgaranın üstüne yerleştirilmiştir. Kovan içi arı seslerini kaydeden mikrofon, nem sensörünün yanına, ızgaranın üzerine yerleştirilmiştir. Kovan altına yerleştirilen yük hücreleri iki adet sunta arasında sabitlenmiştir. Altta sunta zemine sabit, üstteki suntanın üzerinde arı kovani bulunmaktadır.

### 3.1. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

#### 3.1.1. Termokupl

Termokupllar  $-200^{\circ}\text{C}$ ' den  $2320^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar çeşitli işlemlerde yaygın olarak kullanılırlar. Termokupllar iki farklı metal alaşımın uçlarının kaynaklanması ile elde edilen bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Kaynatılan nokta "sıcak nokta", açık kalan iki uç "soğuk nokta" olarak adlandırılır. Sıcak nokta ile soğuk nokta arasında sıcaklık farkı

oluşur. Sıcaklık farkına orantılı olarak soğuk nokta uçlarında mili Volt (mV) değerlerinde gerilim üretilir. Sıcak nokta ile soğuk nokta sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılıdır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Termokupl.

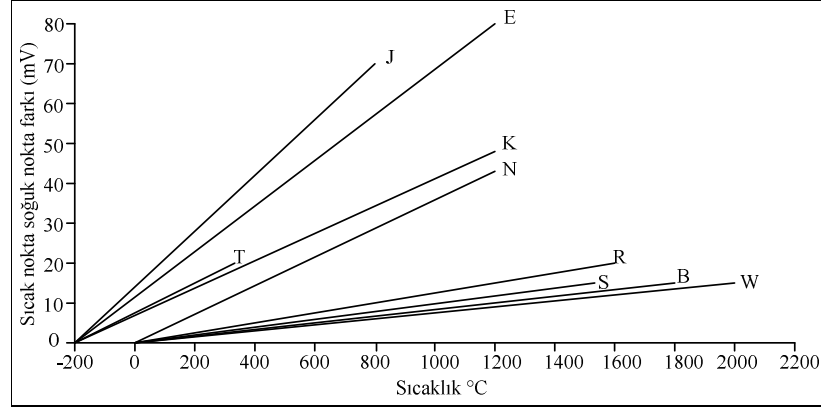
Termokupl, yapımında kullanılan metal iletkenlerin çeşitlerine göre sıcaklık değişimlerine farklı gerilim tepkileri oluşturmaktadır. Termokupllar kullanılan metallerin çeşidine göre farklı standartlarda farklı isimler alırlar. Endüstride en çok kullanılan termokupl tipleri DIN 43710 ve IEC-584 standartlarında sıcaklık aralıkları ve kullanılan metal malzemelerin isimleri Çizelge 3.1’ de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Termokupl tipleri.

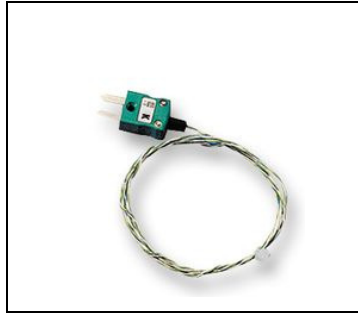
| Termokupl      | DIN 43710 | DIN 43710 ve IEC-584 | Sıcaklık Aralığı °C |      | Malzemenin Adı                   |
|----------------|-----------|----------------------|---------------------|------|----------------------------------|
| Cu-Const       | U         | T                    | -200                | 300  | Bakır-Konstantan                 |
| Fe-Const       | L         | J                    | -200                | 800  | Demir-Konstantan                 |
| Cr-Al          |           | K                    | -200                | 1200 | Kromel-Alümel                    |
| NiCr-Ni        |           | K                    | -200                | 1200 | Nikel Krom-Nikel                 |
| Cr-Const       |           | E                    | -200                | 1200 | Kromel-Konstantan                |
| Nikrosil-Nisil |           | N                    | 0                   | 1200 | Nikel Krom-Silikon-Nikel-Silikon |
| Pt%10Rh-Pt     |           | S                    | 0                   | 1500 | Platin Rodyum-Platin (%10)       |
| Pt%13Rh-Pt     |           | R                    | 0                   | 1600 | Platin Rodyum-Platin (%13)       |
| Pt%18Rh-Pt     |           | B                    | 0                   | 1800 | Platin Rodyum-Platin (%13)       |
| Tn-Tn%26Re     |           | W                    | 0                   | 2000 | Tungsten-Tungsten (%26) Renyum   |

En çok kullanılan T, J, K, E, N, S, R, B, W tipi termokuplların sıcak nokta soğuk nokta arasındaki potansiyel fark, sıcaklık grafiği Şekil 3.5’ te verilmektedir. Kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığını ölçmek için Labfacility - XF-321-FAR (Şekil 3.5.a) marka hassasiyeti yüksek, K tipi termokupl kullanılmaktadır. Labfacility - XF-321-FAR termokuplun özellikleri Çizelge 3.2’ de verilmektedir. Kovan camı üzerine Labfacility - FMS-2/Plug (Şekil 3.5.b) marka, hassasiyeti yüksek, K tipi bant

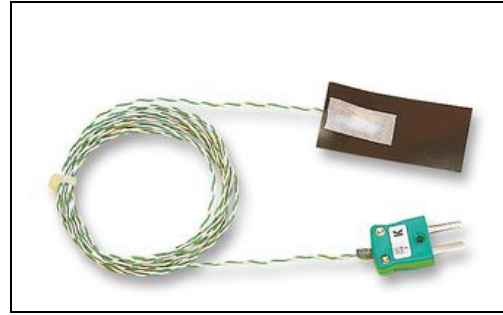
termokupl kullanılmaktadır. Labfacility - FMS-2/Plug termokuplun özellikleri Çizelge 3.2' de verilmektedir.



Şekil 3.5. Termokupl-sıcaklık gerilim grafiği.



a) Nokta tipi termokupl.



b) Bant tipi termokupl.

Şekil 3.6. Deneysel çalışmada kullanılan termokupullar.

Çizelge 3.2. Denede kullanılan termokupulların özellikleri.

| Termokupl  | Uzunluk | Termokupl Tipi | Ölçüm aralığı |        | Materyal Birleşimi | İletken Uç Boyutu |
|------------|---------|----------------|---------------|--------|--------------------|-------------------|
| XF-321-FAR | 1m      | K              | -75°C         | +250°C | Pt - Fe            | 1 x 0,2mm         |
| FMS-2/Plug | 2m      | K              | -50°C         | +120°C | Pt - Fe            | 1,6 x 0,2mm       |

### 3.1.2. Termokupl Yükseltici

Termokupl çıkış gerilimi mV düzeylerindedir. Bu gerilimi daha anlamlı hale getirmek için termokupl yükseltici kullanılır. Termokupl yükselteçler doğru akım,



alternatif akım ya da her ikisi ile de çalışabilmektedir. Termokupl yükselteçler özelliklerine göre çıkış gerilimini 0-1V, 0-5V, 0-10V ya da çıkışına bağlanacak bir direnç üzerinden 4-20mA (mili Amper), 0-20mA arası akım geçecek şekilde çıkış gerilimi verebilmektedirler. Kullanılacak yükseltecin amacı belirlenmeli ve amaca hizmet edecek doğru yükselteç seçilmelidir.

Deneyde termokupl yükselteç olarak Seneca K109TC modül kullanılmaktadır (Şekil 3.7). Modül J, K, E, N, S, R, B, T termokupl tiplerini giriş olarak desteklemektedir.



Şekil 3.7. Termokupl yükselteci.

Seneca K109TC termokupl yükseltecinin üzerinde iki bölümden oluşan ayar anahtarları bulunmaktadır. Bunlar SW1 ve SW2' dir. SW1 ayar anahtarları ile kullanılan termokupl tipinin ölçüm başlangıç değeri seçilmektedir. Desteklenen termokupl tiplerinin hassasiyet karşılaştırmaları Çizelge 3.3' de verilmektedir. SW2 ayar anahtarları ile seçilen termokupl tipinin ölçüm bitiş değeri seçilmektedir. Yine SW2 ayar anahtarları ile çıkış gerilim ya da akım değerleri seçilmektedir. Desteklenen çıkış gerilimleri 0-5V, 1-5V, 0-10V, 10-0V' tur. Desteklenen çıkış akım değerleri 0-20mA, 4-20mA, 20-0mA, 20-4mA' dir. Besleme gerilimi 19,2-30V DA (Doğru Akım)' dır.

Çizelge 3.3. Seneca K109 TC giriş hassasiyeti ve giriş aralığı.

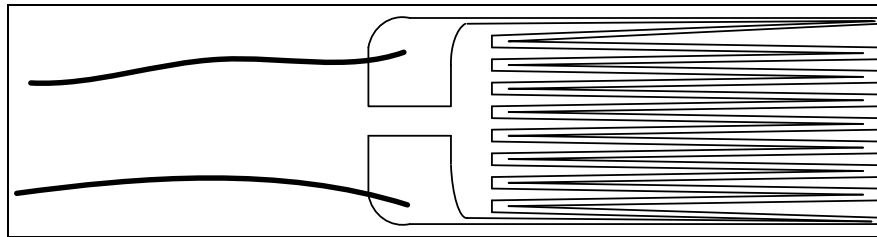
| Giriş Hassasiyeti ve Giriş Aralığı |                     |                 |            |
|------------------------------------|---------------------|-----------------|------------|
| Termokupl                          | Kabul Edilen Aralık | Ortalama Hata   | Çözünürlük |
| J                                  | -210...1200°C       | %0,025 + 0,29°C | 0,12°C     |
| K                                  | -200...1372°C       | %0,025 + 0,4°C  | 0,17°C     |
| E                                  | -200...1000°C       | %0,025 + 0,2°C  | 0,92°C     |
| N                                  | -200...1300°C       | %0,025 + 0,42°C | 0,19°C     |
| S                                  | -50...1768°C        | %0,025 + 1,34°C | 0,66°C     |
| R                                  | -50...1768°C        | %0,025 + 1,19°C | 0,59°C     |
| B                                  | 250...1820°C        | %0,025 + 1,87°C | 0,9°C      |
| T                                  | -200...400°C        | %0,025 + 0,31°C | 0,13°C     |

### 3.2. KOVAN AĞIRLIĞININ ÖLÇÜMÜ

Sabit bir cisme dışarıdan bir güç uygulandığında, malzeme üzerinde gerilim ve burkulmalar meydana gelir. Gerilim cismin harici güce karşı gösterdiği mukavemet, burkulma ise cismin iç yer değiştirme ve biçimsel bozulma diye tanımlanır. Burkulma yani baskı sonucu fiziksel değişim miktarı ve gerilme yük hücreleri ile ölçülür.

#### 3.2.1. Strengaç

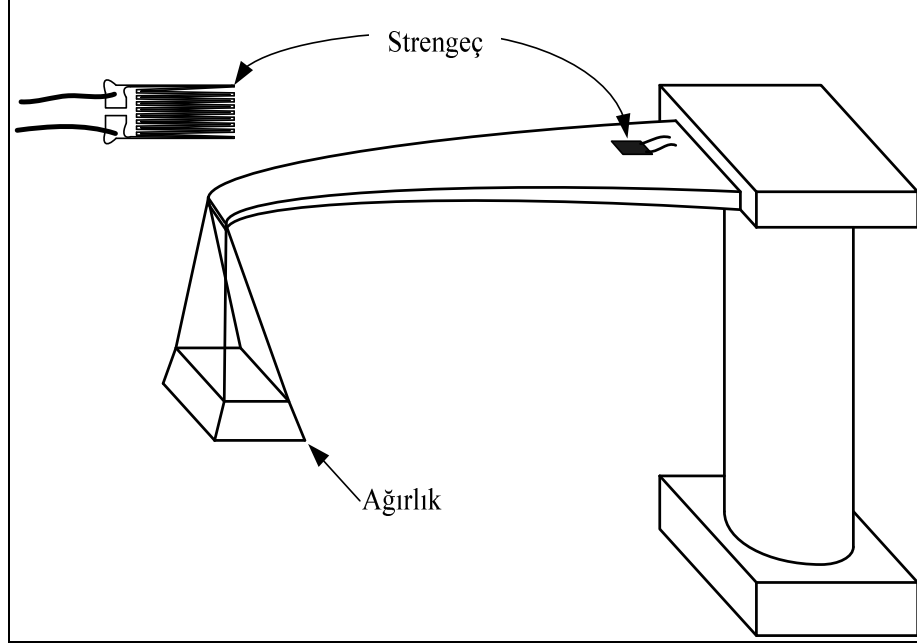
Strengaç, üzerine yapıştırıldığı yüzeyde meydana gelen şekil değiştirmeyi ölçmek için kullanılır. Şekil değiştirme, cisim üzerine yük uygulandığında, birim uzunlukta meydana gelen deformasyon miktarı olarak adlandırılır. Başlangıç uzunluğundaki toplam deformasyonun, başlangıç uzunluğuna bölünmesi ile hesaplanır.



Şekil 3.8. Strengaç.

Temel olarak tüm strengaçler mekanik hareketi elektriksel sinyale çevirmek için tasarlanmışlardır. Strengaç mekanik şekil değiştirmenin fonksiyonu olarak değişen

bir dirence sahiptir (Şekil 3.8). Dirençteki değişim ohm ( $\Omega$ ) birimi cinsinden ölçülebildiği halde, birim uzama ölçüm cihazları, direnç değişimini voltaj birimine çevirir. Giriş şekil değiştirmesi ile çıkış voltajı arasındaki ilişki, sistem hassasiyetinin saptanmasında kullanılabilir.



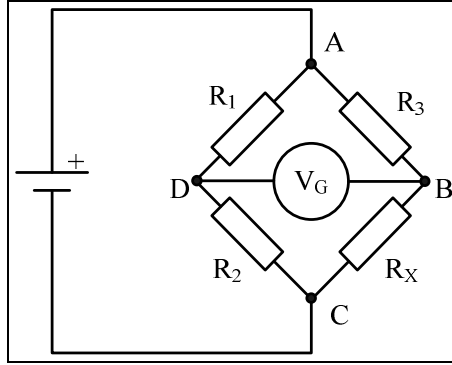
Şekil 3.9. Ölçüm sisteminin üzerindeki strengeç.

Bir parça telin elektriksel direnci, telin boyu ile doğru orantılı ve kesit alanı ile ters orantılıdır. Şekil değiştirme ölçümü için, strengence yapının üzerine yapıştırılır (Şekil 3.9). Direnç kesit alanı ve/veya uzunluğa bağlı olarak değişir. Dirençteki bu değişim yük hücresi yükselteci yardımı ile ölçülür.

### 3.2.2. Wheatstone Köprüsü

Strengenceçler genellikle, Wheatstone köprü devresi formunda elektriksel olarak bağlı dört strengenceç elemanı şeklinde kullanılır (Şekil 3.10). Wheatstone köprüsü, statik veya dinamik elektriksel direnç ölçmek için kullanılan bir köprü devresidir. Şekil 3.10' daki devrede,  $R_X$  ölçülmek istenen dirençtir.  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  direnci bilinen rezistanslardır ve  $R_2$  direnci ayarlanabilir. Eğer bilinen iki koldaki iki direncin oranı ( $R_2/R_1$ ), bilinmeyen iki koldaki direncin oranına ( $R_X/R_3$ ) eşitse, B-D arasındaki

gerilim sıfır olacaktır ve  $V_G$  galvanometresinden hiç akım geçmeyecektir. Bu koşula ulaşana kadar  $R_2$  değişir. Bu noktaya ulaşıldığında, doğruluk en üst seviyeye ulaşır. Eğer  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  yüksek doğrulukla biliniyorsa,  $R_X$ ' de yüksek doğrulukla ölçülebilir.  $R_X$  direncindeki çok küçük değişiklikler bile dengeyi bozar ve kolaylıkla saptanır.



Şekil 3.10. Wheatstone köprü devresi.

Çizelge 3.4. Wheatstone köprü tipleri.

| Köprü Tipi   | Aktif Rezistans Elemanları | Hassasiyet Sabitleme Rezistansları | Genel Uygulamalar          |
|--------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Çeyrek Köprü | $R_1$                      | $R_2, R_3, R_X$                    | Kolay kullanım             |
| Yarım Köprü  | $R_1, R_3$                 | $R_2, R_X$                         | Isıl etkisinin azaltılması |
| Tam Köprü    | $R_1, R_2, R_3, R_X$       | -                                  | Yüksek hassasiyet.         |

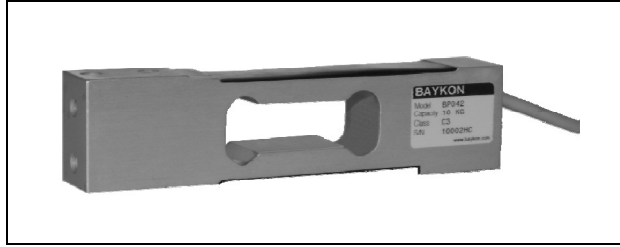
Wheatstone köprüsü genellikle, sabit rezistans sayısına karşılık aktif strengaç elemanı sayısına bakılarak tanımlanır.  $R_1, R_2, R_3, R_X$  dirençlerinin çeşitli yaygın konfigürasyonları ve bunlar arasındaki ilişki Çizelge 3.4' de belirtilmektedir.

### 3.2.3. Yük Hücresi ve Yük Hücresi Yükseltici

Strengaç direnci üzerindeki değişimleri anlamlı hale getirebilmek için yük hücresi yükseltici kullanılmalıdır. Yük hücresi yükseltcinin çıkışı 0-1V, 0-5V ya da 0-10V arasında değişen değerler sunmaktadır.

Kovan ağırlığını ölçmek amacıyla 100kg maksimum yük kapasiteli 1g hassasiyete

sahip Baykon BP042 marka yük hücresi kovanın altına yerleştirilmiştir (Şekil 3.10.a). Baykon BP042 yük hücresinin teknik özellikleri Çizelge 3.5’ de verilmektedir. Yük hücresinden elde edilen strengeç direnç değişimleri Seneca Z-SG (Şekil 3.10.b) yük hücresi yükselteci ile kovan ağırlığına göre 0-5V gerilim düzeyine getirilir.



a) Yük hücresi.



b) Yük hücresi yükselteci.

Şekil 3.11. Yük hücresi ve yük hücresi yükselteci.

Seneca Z-SG yük hücresi yükselteci üzerinde üç grup ayar anahtarları bulunmaktadır. Bunlar SW1, SW2 ve SW3’ dür. SW1 ayar anahtarları ile iletişim hızı seçilmektedir. Desteklenen iletişim hızı, 9600, 19200, 38400, 57600 bps (bit per second)’ dur. SW2 ayar anahtarları ile çıkış gerilimi 0-5V ya da 0-10V, çıkış akımı 0-20mA ya da 4-20mA olarak seçilebilir. Yine SW2 ayar anahtarları ile strengeç hassasiyeti ayarlanabilir.

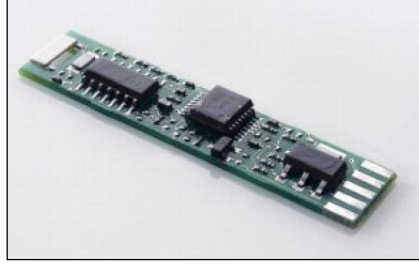
Çizelge 3.5. Yük hücresinin teknik özellikleri.

| Teknik Özellikler              | Birim       | Aralık      |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| Çıkış hassasiyeti              | mV/V        | 2,0         |
| Kapasite                       | Kg          | 3-100       |
| Güvenli aşırı yükleme          | Kg          | 150         |
| Tavsiye edilen uyarım          | V           | 5-12        |
| Maksimum uyarım                | V           | 18          |
| Giriş direnci                  | $\Omega$    | $409 \pm 9$ |
| Çıkış direnci                  | $\Omega$    | $350 \pm 6$ |
| Telafi edilen sıcaklık aralığı | $^{\circ}C$ | -10 ~ +40   |
| Çalışma sıcaklığı              | $^{\circ}C$ | -35 ~ +35   |
| Materyal                       |             | Alüminyum   |

Desteklenen hassasiyetler, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64mV/V’ dur. SW3 ayar anahtarları ile RS485 iletişim protokolünde sonlandırıcı kullanılması ile ilgilidir. Besleme gerilimi 10-40V DA yada 19-28V AA (Alternatif Akım)’ dır.

### 3.3. NEM ÖLÇÜMÜ

Kovan içi nem ve ortam nemi bilgisini ölçmek için LinPicco™ A01 Basic Capacitive Humidity Module marka nem algılayıcısı kullanılmaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Nem algılayıcısı.

Nem algılayıcısı %0-100 oran aralığında ölçüm kapasitesine sahiptir. Bu nem algılayıcısı havadaki nemin oranına göre 0-1V arası gerilim üretir. Hassasiyeti %3 nem oranından daha azdır. Sensörün çalışma sıcaklığı -40°C ile +100°C arasındadır. Besleme gerilimi 8-32V arasında değişmektedir.

### 3.4. VERİLERİN BİLGİSAYARA AKTARIMI

Kovanda ölçülen kovan içi sıcaklık, ortam sıcaklığı, kovan içi nem, ortamın nemi ve kovan ağırlığı parametrelerinin bilgisayar ortamına aktarılması için Advantech PCI HG 1716 veri alış veriş kartı kullanılmaktadır.

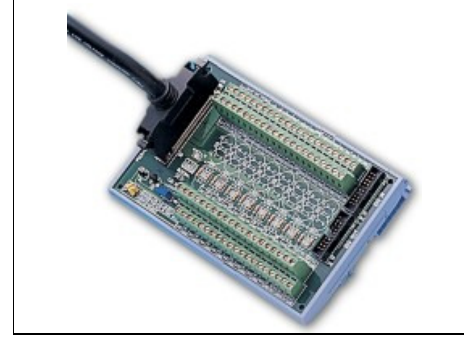
PCI 1716 yüksek çözünürlüklü bir veri alış veriş kartıdır. 250kS/s örnekleme oranı, 16 bit analog/sayısal dönüştürücü ve A/D (Analog / Sayısal) dönüştürücü için onboard FIFO (first in first out) 1Kb belleğe sahiptir. Kart 16' ya kadar tek, 8 diferansiyel A/D giriş kanalı ya da bu ikisinin birleşimi şeklinde kullanılabilir. İki 16 bit D/A (Sayısal / Analog) çıkış kanalı, 16 sayısal giriş çıkış kanalı ve bir 10MHz 16 bit sayıcı kanalına sahiptir.

Algılayıcılardan gelen bilgilerin karta aktarılması için Advantech PCLD-8710 terminal bordu kullanılmaktadır. Bu bordlar Advantech' in PCL (printer command

language) ve PCI (peripheral component interconnect) serisi gibi ürünlerin analog ve sayısal bağlantı noktalarına bağlanabilmektedirler. Şekil 3.13.a’ da PCI 1716 veri alış veriş kartı ve Şekil 3.13.b’ de PCLD-8710 terminal bordu verilmektedir.



a) Veri alış veriş kartı.



b) Terminal bordu.

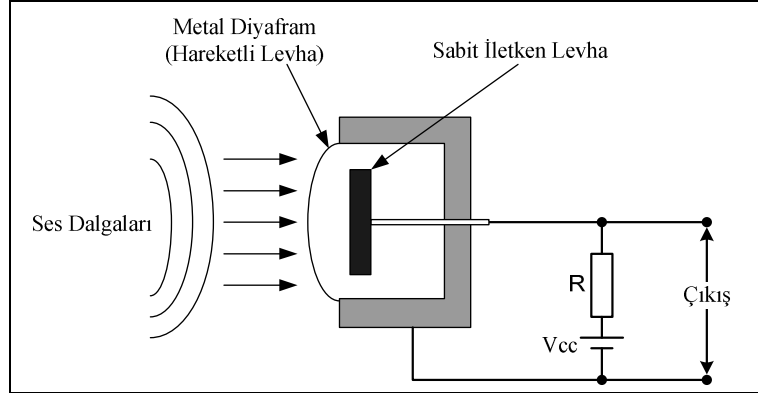
Şekil 3.13. Veri alış veriş kartı ve terminal bordu.

### 3.5. KOVAN İÇİ ARI SESLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Ses sinyallerinin ölçülmesi, bilgisayar ortamına aktarılması için mikrofon kullanılmaktadır. Bu mikrofonu uygun ses kartı tercih edilmiştir. Mikrofon, ses sinyallerini elektrik sinyallerine çeviren elemanlardır. Bu elemanlar, ses sinyallerini elektrik sinyallerine çeviren dönüştürücü olarak da tanımlanır. Farklı yapılarda mikrofonlar bulunmaktadır. Yapısı, özelliği ve çalışma ilkesi nasıl olursa olsun mikrofonun en önemli elemanı diyafram adı verilen esnek zar kısmıdır. Çünkü hava ortamında ilerleyen ses dalgalarının oluşturduğu basınç ilk önce mikrofonun diyaframını titreştirmektedir. Kaydedilecek seslerin netliğin sağlanması için mikrofonun bütün ses frekansları (30-15000Hz) aynı oranda elektrik işaretine çevirebilmelidir.

#### 3.5.1. Kapasitif Mikrofon

Kapasitif mikrofon, statik elektriklenme esasına göre çalışan mikrofon tipidir. Şekil 3.14’ de görüldüğü gibi kapasitif mikrofonlarda ses dalgalarının basıncı, ince metal diyaframı etkiler. Diyaframın esnemesiyle kondansatör gibi çalışan düzeneğin kapasitesi değişir.



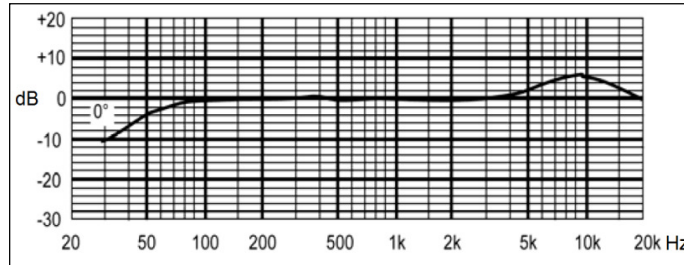
Şekil 3.14. Kapasitif mikrofonun iç yapısı.

Bu değişim, sesin özelliğine göre çıkışta elektrik sinyalleri oluşturur. Bu tip mikrofonlar yüksek kalite istenilen yerlerde kullanılır. Ayrıca hafif ve küçük yapılar olarak üretilebilirler. Empedansı çok büyüktür. Frekans karakteristiği çok düzgündür. Ayrıca doğru akım kaynağı gerektirir. Bu kaynağa phantom güç de denir. Çok uzun kablo ile kullanılamaz. Çok hassas olduğundan sabit cihazlarda kayıt için yaygın olarak kullanılır. Maliyeti düşüktür [29].



Şekil 3.15. Kapasitif mikrofon.

Kovan içi sesleri kayıt etmek için Şekil 3.14' de verilen +48V phantom güç ünitesine sahip MXL 604 marka, yüksek hassasiyete sahip kapasitif mikrofon kullanılmaktadır. Mikrofonun dB - frekans grafiği Şekil 3.16' da verilmektedir.



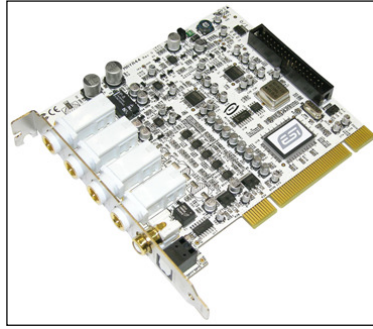
Şekil 3.16. Kapasitif mikronun dB – frekans grafiği.



Mikrofonun frekans aralığı 30Hz–20kHz’ dir. 22mm diyafram çapı vardır. 10mV/Pa (Pascal) hassasiyete sahiptir.

### 3.5.2. Ses Sinyallerinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması

Kullanılan kapasitif mikrofona uygun +48V phantom güç ünitesine sahip 24 bit çözünürlük, 192 kHz örnekleme frekansına sahip ESI MAYA44 marka ses kartı (Şekil 3.17) ile ses sinyalleri bilgisayar ortamına aktarılmaktadır.



Şekil 3.17. Ses kartı.

Bu ses kartı vasıtası ile mikrofondan alınan -1V ile +1V arasında değişen ses sinyalleri başarılı bir şekilde bilgisayar ortamına aktarılır. Ses kartı bilgisayarın PCI bağlantı noktası ile bağlanmaktadır.

### 3.6. SİNYAL ANALİZİ

Sinyallerin analiz edilmesi, direkt sinyalin kendisi veya sinyalin gösteriminin başka boyutlara taşınarak gerçekleştirilmesiyle yapılmaktadır. Amaç; sinyalin bilgi kaybına uğratılmadan bu boyutlardan birisine dönüşümü yapılarak işlenmemiş haldeki verilerden sağlıklı seçilemeyen anlamlı detay bilgilerine ulaşmaktır [30].

Sinyallerin çoğu zaman ekseninde gösterilir. Zaman alanında bir sinyalin çizilmesi zaman-genlik gösterimi ile ifade edilir. Bu gösterim genellikle sinyal işlemede iyi bir gösterim olmamaktadır. Sinyallerin yapılarına bağlı olmakla birlikte çoğu kez ayırt edilebilir önemli bilgiler frekans bileşenlerinde gizli tutulurlar [30].

### 3.6.1. Fourier Temelli Sinyal Analizi

19. yüzyılda Fourier herhangi bir periyodik fonksiyonun sonsuz sayıdaki kompleks üstel fonksiyonların toplamıyla ifade edilebileceğini söylemiştir. Fourier dönüşümü (FD) sonuçları frekans bileşenlerinin yerel zaman, başlangıç veya bitiş bilgileri hakkında kesin veriler sağlamaz. Çünkü bu bilgi Fourier spektrumu boyunca yayılmıştır yani FD ancak genel bir bakış sağlar. Bunun sebebi Fourier temel fonksiyonlarının (sinüs ve kosinüs) tam dayanaklı olmamalarıdır. Bundan dolayı durağan sinyallere uygulanmalarında en iyi sonuç verir. Eşitlik 3.1' de görüldüğü gibi herhangi bir anda integrale aynı etkide bulunacaktır [30]. Ters Fourier dönüşümü Eşitlik 3.2' de verilmektedir.

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt \quad (3.1)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f)e^{j\omega t} df \quad (3.2)$$

### 3.6.2. Ayrık Fourier Dönüşümü ve Hızlı Fourier Dönüşümü

Fonksiyonlar teorik olarak tanımlı hallerde Fourier dönüşümleri rahatlıkla hesaplanabilir. Ancak uygulamada sinyallerin kesin fonksiyonel ifadeleri yoktur ve işlenmeleri için analog sinyallerden örneklenmiş sınırlı sayıda sayısal ayrık dizileri mevcuttur. Bu sebeple Eşitlik 3.1' de bahsedilen şekilde Fourier dönüşümleri hesaplanamaz [30].

Ayrıca bütün frekans boyutunun analog olarak gösterimi sonsuz sayıda örneklenmiş işareti gerektirmektedir, bu da uygulamada mümkün değildir. Sayısal işaretler için Fourier dönüşümünün hesaplanması için belirli sınırlar içindeki yaklaşıklıklarla verilebilir. Bir  $f[k]$  ayrık dizisinin  $N$  örneği için tanımlanan bu yeni dönüşüm ayrık Fourier dönüşümü (AFD) olarak adlandırılır [30].

Tersi de alınabilen bu dönüşümün önemli özellikleri vardır. Ayrık Fourier temelli

dönüşümler dizinin periyodik olduğunu kabul ederler [31], dolayısıyla bir ayrık zaman sinyali periyodik ise bunun yaklaşık Fourier dönüşümü AFD' dir [32]. Özellikle iki AFD' nin çarpımı bunlara karşı düşen dizilerin ayrık-zaman boyutunda konvolüsyon toplamıdır [32]. Ayrıca sayısal ortamdaki birçok spektral analiz yöntemi AFD' ye dayanmaktadır [30].

AFD,  $f(k)$ ,  $k = 0, 1, \dots, N-1$ , gibi bir sonlu diziyi,  $F(n)$ ,  $n = 0, 1, \dots, N-1$  gibi diğer bir sonlu diziyeye eşleyen önemli bir operatördür. Eşitlik 3.3' de,  $f[k]$  Fourier dönüşümü alınmak istenen sinyal,  $F[n]$  Fourier dönüşümü alınan sinyal  $N$  örnek sayısıdır. Ters Ayrık Fourier dönüşümü (TAFD) ise  $F[n]$ ' yi yeniden  $f[k]$  dizisine dönüştürür (Eşitlik 3.4) [32].

$$F[n] = \text{AFD}\{f[k]\} = \sum_{k=0}^{N-1} f[k]e^{-j2\pi kn/N} \quad (3.3)$$

$$f[k] = \text{TAFD}\{F[n]\} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} F[n]e^{j2\pi kn/N} \quad (3.4)$$

Eğer  $f[k]$  dizisi bant sınırlı bir  $f(t)$  işaretinin örnekleme aralığı ile Nyquist şartları sağlanmış şekildeki örneklerini temsil ediyorsa, AFD dizisi  $F[n]$  (pencereleme etkisi ihmal edilerek) orijinal işaretin Fourier dönüşümünün örneklerini temsil eder (Eşitlik 3.5).

$$F[n] = F(\omega) \Big|_{\omega = \frac{2\pi f_0 kn}{N}} \quad k = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (3.5)$$

$f(t)$  sinyali toplam  $T$  süresi boyunca örnekleme, dolayısıyla  $T$  süreli bir pencere ile sinyal örnekleme ise AFD, FD için sadece bir kestirim sağlar ve bunun frekans çözünürlüğü Eşitlik 3.6' da verilmiştir.

$$\Delta f = \frac{f_0}{N} = \frac{1}{T} \quad (3.6)$$

Eşitlik 3.6’ da T örnekleme periyodu değil pencere süresidir. Dolayısıyla daha uzun pencere kullanılarak çözünürlük artırılabilir. Daha uzun pencere kullanımı mümkün olmayan durumda mesela işaret durağan olmadığında, sıfır ekleme yöntemi kullanılabilir. Dizinin sonuna aynı N örnek sayıda sıfırlardan oluşan bir dizi daha eklenir (Eşitlik 3.7).

$$f_z[k] = \{f[0], f[1], \dots, f[N - 1], 0, \dots, 0\} \quad (3.7)$$

Sıfır eklenmiş dizi  $f_z[k]$ ,  $k = 0, 1, \dots, L - 1$ ; orijinal diziden N eleman içerirken L-N kadar sıfır içermektedir. Böylece daha fazla örneğe dolayısıyla daha geniş pencereye sahip bu dizinin frekans çözünürlüğü, T pencere süresi arttığı için artırılmış olur [30].

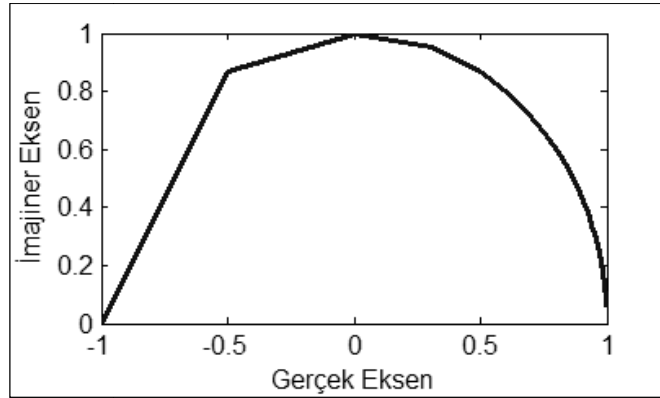
Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD), (Fast Fourier Transform - FFT); ayrık Fourier Dönüşümünün doğrudan hesaplanmasında her bir  $f[k]$  değeri için N karmaşık çarpma ve N-1 karmaşık toplama işlemi kullanılmaktadır. Bu nedenle N adet AFD değeri bulunurken,  $N^2$  çarpma ve  $N(N-1)$  toplama işlemi gereklidir [30]. N sayısı 1000’ in üzerine çıkması halinde AFD’ nin hesaplanması için çok fazla işlem gerekmektedir.

$$F[n] = \text{HFD}\{f[k]\} = \sum_{k=0}^{N-1} f[k]w[k]e^{-j2\pi kn/N} \quad (3.8)$$

$$w = e^{2\pi i/N} \quad (3.9)$$

AFD hesaplanmasında bugün kullanılmakta olan verimli ve etkin bir yaklaşım hızlı Fourier dönüşüm algoritmalarıdır. Eşitlik 3.8’ de ilk dönemlerde fark edilmeyen ve sonuçlardaki periyodik sayısal tekrarlama özelliğine dayanan dairesel katlamadan (circular convolution [32]) yararlanılarak geliştirilen birbirinden farklı algoritmalar mevcuttur. Her ne kadar farklı bir dönüşüm olarak adlandırılmışsa da HFD AFD’ den farklı değildir. Sadece kullanılan hesaplama yöntemi FD tahmini için HFD’ yi cazip kılar [30]. Ayrık zamanlı bir  $f[k]$  işaretinin  $w[k]$  ayrık pencere dizisi kullanılarak AFD ifadesi Eşitlik 3.8’ de verilmektedir [32].

Çeşitli amaçlara uygun farklı HFD algoritmaları bulunsa da, en sık kullanılan HFD algoritması Cooley-Tukey algoritmasıdır [33]. HFD, eğri üzerinde eşit aralıklarla çok sayıda örnek alır. Örnek sayısı yarıya düşürülürse, sinyalin analizi için gereken çarpma sayısı da yarıya düşer. Örneğin, 16 örnekten oluşan sinyal için  $16^2 = 256$  çarpma gerekecektir. Eğer sinyal, iki tane 8 örnekten oluşan parçaya ayrılırsa, her parça için  $8^2 = 64$  çarpma gerekecektir. İki parça için toplam 128 çarpma olacaktır. Bu da önceki durumun yarısına eşittir. Örnek serisini alt ölümlere ayırmaya devam edilirse 8 tane 2 noktadan oluşan ve bölünemeyen parçalar elde edilir. Bu iki noktadan oluşan parçaların Fourier dönüşümü çarpma yapmadan hesaplanabilir ancak dönüşümün tamamını hesaplarken parçaları birleştirmek gerekir ve burada çarpma işlemi zorunludur. Önce sekiz tane iki noktalı dönüşüm, dört tane dört noktalı dönüşüm, sonra iki tane sekiz noktalı dönüşüm ve sonunda istenen 16 noktalı dönüşümüne çevrilir. Her birleşme sırasında 16 çarpma gerekir ve bu üç birleşme için toplam 48 çarpma eder. Bu da 256'lık özgün değerın 3/16'sına eşittir [34]. 120 örnek için örnek Cooley-Tukey penceresi Şekil 3.18' de verilmektedir. Cooley-Tukey penceresine ait formül Eşitlik 3.9' da verilmektedir.



Şekil 3.18. Örnek Cooley-Tukey penceresi.

### 3.7. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları (YSA) insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir [35].

Yapay sinir ağı; insan beyninden esinlenerek, öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesi uğraşı sonucu ortaya çıkmıştır. Bu nedendir ki, bu konu üzerindeki çalışmalar ilk olarak beyni oluşturan biyolojik üniteler olan nöronların modellenmesi ve bilgisayar sistemlerinde uygulanması ile başlamış, daha sonraları bilgisayar sistemlerinin gelişimine de paralel olarak birçok alanda kullanılır hale gelmiştir [36].

İnsan beyninin çalışma prensibini taklit ederek çalışan bu sistemler, bilgisayar teknolojisinin hızlı bir gelişim göstermiş olması ile işlem hızlarını nano saniyeler derecesine indirmiştir. Yapay sinir hızları ne kadar hızlı çalışsalar da insan beyninin işlevselliğinin henüz çok uzağındadır. İnsan beyninde yaklaşık  $10^{11}$  sinir hücresinin varlığından bahsedilmektedir. Bu sayının bilgisayar ortamında modellenmesi şu an için mümkün görünmemektedir. Karar hızı açısından insan beyni ile henüz yarışamaları bile, YSA' lar yapısallıkları ve hassas eşleştirmelerin başarı ile gerçekleştirebilmeleri sayesinde gün geçtikçe daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. YSA' lar, uygulanan ağ modeline göre değişik karakteristik özellikler göstermelerine karşın temel birkaç ortak özelliğe sahiptirler.

Birinci özellik; YSA' larda sistemin paralellığı ve toplamsal işlevin yapısal olarak dağılımlılığıdır. YSA' lar birçok nörondan meydana gelir ve bu nöronlar eş zamanlı olarak çalışarak karmaşık işlevleri yerine getirir. Diğer bir ifade ile karmaşık işlevler birçok nöronun eş zamanlı çalışması ile meydana getirilir. Süreç içerisinde bu nöronlardan her hangi biri işlevini yitirse dahi sistem güven sınırları içerisinde çalışmasına devam edebilir.

İkinci özellik ise genelleme yeteneği, diğer bir ifade ile ağ yapısının, eğitim esnasında kullanılan sayısal bilgilerden eşleştirmeyi betimleyen kaba özellikleri çıkarsaması ve böylelikle eğitim sırasında kullanılmayan girdiler için de, anlamlı yanıtlar üretebilmesidir.

Üçüncü olarak; ağ fonksiyonları doğrusal olmayabilmektedir. Yapı üzerinde dağılmış belli tipteki doğrusal olmayan alt birimler özellikle; istenen eşleştirmenin denetim ya da tanımlama işlemlerinde olduğu gibi doğrusal olmaması durumunda işlevin doğru

biçimde yerine getirilebilmesini matematiksel olarak olası kılarlar.

Dördüncü özellik ise; sayısal ortamda tasarlanan YSA' ların, donanımsal gerçekleştirilebilirlikleridir. Bu özellik, YSA' ların günlük hayatta daha da fazla yaşamımızın içine gireceğinin göstergesidir.

YSA' lar makine öğrenmesi gerçekleştirebilirler. Yapay sinir ağlarının temel işlevi zaten bilgisayarın öğrenmesini sağlamaktır. Olayları öğrenerek benzer olaylar karşısında mantıklı kararlar verebilirler.

Bilgi işleme yöntemleri geleneksel programlamadan farklıdır. Bu nedenle geleneksel programlamanın getirdiği birçok olumsuzluk ortadan kaldırılabilir. Bilgiler ağı tamamında saklanır. Geleneksel programlamada olduğu gibi bilgiler veri tabanları ya da dosyalarda belli bir düzende tutulmaz, ağı tamamına yayılarak değerler ile ölçülen ağ bağlantılarında saklanmaktadır. Nöronlardan bazılarının işlevini yitirmesi, anlamlı bilginin kaybolmasına neden olmaz.

Örnekleri kullanarak öğrenirler. YSA' nın öğrenebilmesi için örneklerin belirlenmesi, bu örneklerin ağa gösterilerek istenen çıktılara göre ağı eğitilmesi gerekmektedir. Ağı başarısı, seçilen örnekler ile doğru orantılıdır, ağa olay bütün yönleri ile gösterilemezse ağ yanlış çıktılar üretebilir.

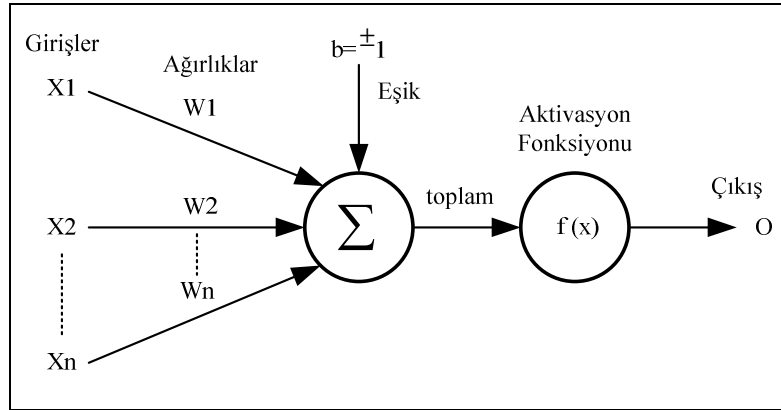
Daha önce görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilirler. YSA' lar eğitimleri sırasında kendilerine verilen örneklerden genellemeler çıkarırlar ve bu genellemeler ile yeni örnekler hakkında bilgi üretebilirler. Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirler. YSA' ların en başarılı oldukları alanlar, algılamaya yönelik uygulama alanlarıdır. Bu alanlarda başarıları kanıtlanmıştır.

Örüntü ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilirler. YSA' lar kendilerine örnekler halinde verilen örüntüleri kendisi veya diğerleri ile ilişkilendirebilir. Ayrıca kendisine verilen örneklerin kümelenmesi ile bir sonraki verinin hangi kümeye dâhil olacağını karar verilmesi konusunda kullanılabilirler. Örüntü tamamlama yapabilirler. Ağa eksik bilgileri içeren örüntüler verildiğinde eksik bilgilerin

tamamlanması konusunda başarılıdır. Kendi kendine öğrenebilme ve organize etme yetenekleri vardır. YSA' lar çevrimiçi olarak öğrenebilirler ve kendi kendilerini eğitebilirler. Eksik bilgi ile çalışabilmektedirler. Geleneksel sistemlerin aksine YSA' lar eğitildikten sonra veriler eksik bilgi içerse dahi, çıktı üretebilirler. Bu durum bir performans kaybı yaratmaz, performans kaybı eksik bilginin önemine bağlıdır. Burada bilgilerin önem dereceleri eğitim sırasında öğrenilir.

YSA' lar arıza toleransına sahiptirler. YSA' ların eksik bilgilerle çalışabilmeleri ve bazı hücreleri bozulsa dahi çalışabilmeleri, onları arızalara karşı toleranslı yapar. Dereceli bozulma gösterirler. Bir ağ, zaman içerisinde yavaş ve göreceli bir bozulmaya uğrar. Ağlar problemin ortaya çıktığı anda hemen bozulmazlar. Dağıtık belleğe sahiptirler. YSA' larda bilgi ağa dağılmış bir şekilde tutulur. Hücrelerin bağlantı ve ağırlık dereceleri, ağırlık bilgisini gösterir. Bu nedenle tek bir bağlantının kendi başına anlamı yoktur.

YSA' lar günlük hayatımızda farkında olmadığımız pek çok alanda kullanılmaktadır. Gün geçtikçe uygulama alanları genişlemekte ve gelişmektedir. Temel bir yapay sinir ağı hücresi biyolojik sinir hücresine göre çok daha basit bir yapıya sahiptir. En temel sinir hücresi modeli Şekil 3.19' da görülmektedir.



Şekil 3.19. Temel yapay sinir ağı hücresi.

Yapay sinir ağı hücresinde temel olarak dış ortamdan ya da diğer sinir ağı hücrelerinden alınan veriler yani girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkışlar bulunmaktadır. Dış ortamdan alınan veri ağırlıklar aracılığıyla



sinir ağı hücrelerine bağlanır ve bu ağırlıklar ilgili girişin etkisini belirler. Toplam fonksiyonu ise net girişi hesaplar, net giriş, girişlerle bu girişlerle ilgili ağırlıkların çarpımının bir sonucudur. Aktivasyon fonksiyonu işlem süresince net çıkışını hesaplar ve bu işlem aynı zamanda nöron çıkışını verir. Genelde aktivasyon fonksiyonu doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Şekil 3.19’ da görülen b bir sabittir, eşik (bias) veya aktivasyon fonksiyonunun eşik değeri olarak adlandırılır [37].

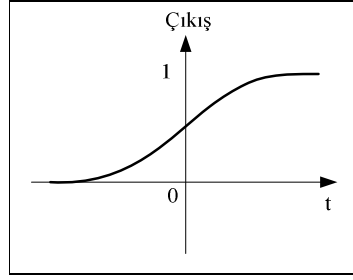
$$o = f(W.X + b) \quad (3.10)$$

Nöron çıkışı (o), Eşitlik 3.10’ dan hesaplanır. Buradaki W ağırlıklar matrisi, X ise girişler matrisidir. n giriş sayısı olmak üzere;  $W = W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ ,  $X = X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  şeklinde yazılabilir. Şekil 3.19’ daki toplam değer Eşitlik 3.11’ de verilmektedir. Toplam çıkışının aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi Eşitlik 3.12’ de gösterilmektedir.

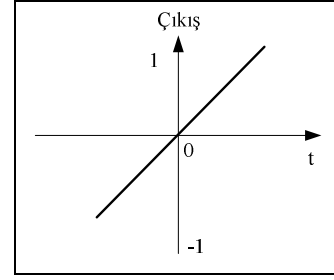
$$\text{toplam} = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b \quad (3.11)$$

$$o = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b\right) \quad (3.12)$$

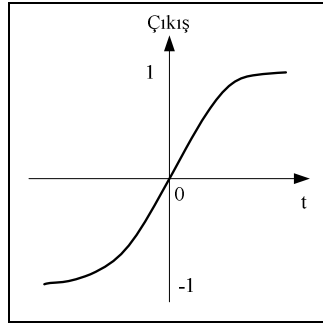
Şekil 3.19’ daki f(x) sinir ağı fonksiyonudur. Aktivasyon fonksiyonu girdi ve çıktı birimleri arasındaki eğrisel eşleşmeyi sağlar. Aktivasyon fonksiyonunun doğru seçilmesi, ağın performansını önemli derecede etkiler. Şekil 3.20.a’ da sigmoid transfer fonksiyonu görülmektedir. Bu fonksiyonunun lineer olmamasından dolayı türevi alınabilmektedir (Eşitlik 3.13). Böylece geri yayımlımlı ağlarda kullanmak mümkün olabilmektedir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonunun çıkışı girişine eşittir (Eşitlik 3.14). Sürekli çıkışlar gerektiği zaman çıkış katmanındaki aktivasyon fonksiyonunun lineer aktivasyon fonksiyonu olabildiğine dikkat edilmelidir (Şekil 3.20.b). Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu da doğrusal olmayan türevi alınabilir bir fonksiyondur (Eşitlik 3.15). +1 ile -1 arasında çıkış değerleri üreten bu fonksiyon lojistik fonksiyona benzemektedir (Şekil 3.20.c). Şekil 3.20.d’ de eşik aktivasyon fonksiyonunun grafiği görülmektedir.



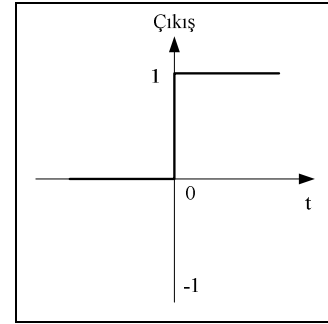
a) Sigmoid tipi aktivasyon fonksiyonu.



b) Doğrusal aktivasyon fonksiyonu.



c) Hiperbolik tanjant tipi aktivasyon fonksiyonu.



d) Eşik aktivasyon fonksiyonu.

Şekil 3.20. Aktivasyon fonksiyonları.

Eşik aktivasyon fonksiyonu eğer net değeri sıfırdan küçükse sıfır, sıfırdan daha büyük bir değer ise net çıkışında +1 değeri verir (Eşitlik 3.16). Şekil 3.20’ da verilen fonksiyonlar en genel aktivasyon fonksiyonlarıdır. Bu aktivasyon fonksiyonlarından başka fonksiyonlar da vardır. Yapay sinir ağında hangi aktivasyon fonksiyonunun kullanılacağı probleme bağlı olarak değişmektedir [35].

$$\Psi(N) = \frac{1}{1 + e^{-N}} \quad (3.13)$$

$$\Psi(N) = \alpha x, \quad \alpha \in \mathfrak{R} \quad (3.14)$$

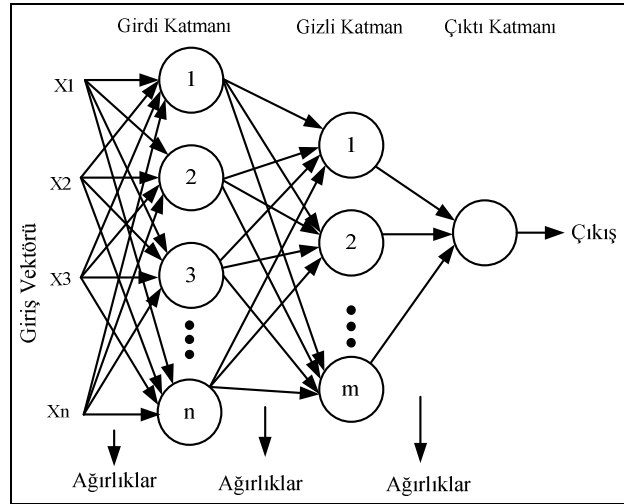
$$\Psi(N) = \tanh(N) = \frac{e^N - e^{-N}}{e^N + e^{-N}} \quad (3.15)$$

$$\Psi(N) = \begin{cases} 0 & N \leq 0 \\ 1 & N > 0 \end{cases} \quad (3.16)$$

### 3.7.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı mimari yapısı Şekil 3.21’ de verilmektedir. “n” girdi katmanı ağırlıkları sayısı, “m” gizli katman ağırlıkları sayısıdır.

Şekil 3.21’ de görüldüğü gibi çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı mimarisi üç kısımdan oluşur. Bunlar girdi katmanı, gizli katman (ya da katmanlar) ve çıktı katmanıdır. Katmanlar, nöron (düğüm) adı verilen birimlerden oluşmaktadır. Mimarinin tam olarak belirlenmesi katmanlardaki nöron sayısına karar verilmesi ile gerçekleşir. İleri beslemeli ağlarda bağlantılar tek yönlü ve ileri doğrudur. Aynı katmanın birimleri arasında bağlantı yoktur.



Şekil 3.21. Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı.

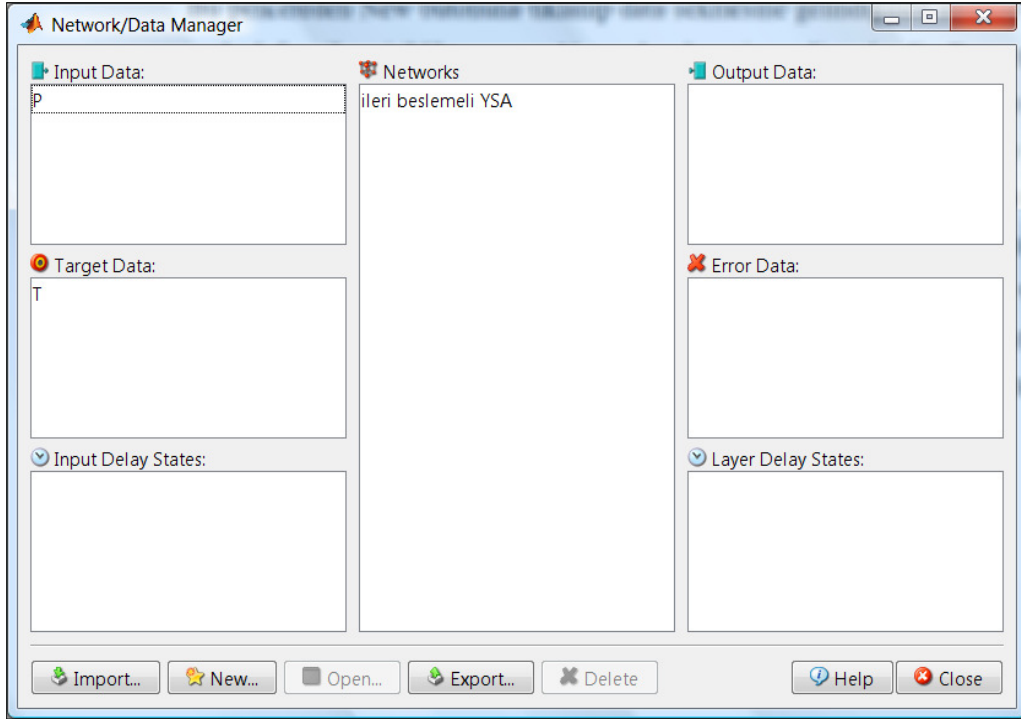
Zaman serilerinin gelecek tahmininde en yaygın kullanılan türü üç katmanlı ileri beslemeli sinir ağıdır. Tek değişkenli zaman serileri için ağırlıkların geçmiş veya gecikmeli değişkenler, çıktısı ise tahmin değeridir.

Yapay sinir ağlarında ağırlıkların belirlenmesinde kullanılan birçok öğrenme algoritması vardır. En yaygın kullanılan öğrenme algoritmalarından biri geri yayılım (back propagation) algoritmasıdır. Ağı eğitmek için kullanılacak en hızlı algoritma Marquardt-Levenberg algoritmasıdır [38]. Geri yayılım algoritması eldeki

veri ile ağın çıktısı arasındaki farka dayalı olarak ağırlıkların güncellenmesini gerçekleştirir. Geri yayılım algoritmasında kullanılan öğrenme parametresi en uygun sonuca yeterli derecede yaklaşılmasında önemli rol oynar. ğrenme parametresi sabit olarak alınabileceği gibi, algoritma içinde dinamik olarak da güncellenebilir.

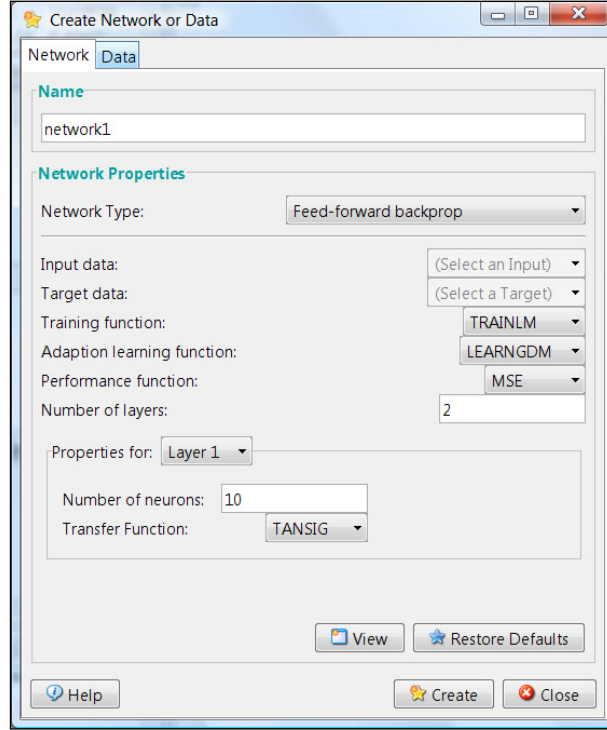
### 3.7.2. Matlab Sinir Ağı Araç Kutusu

Sistemde ileri beslemeli sinir ağı Matlab Neural Network Toolbox (sinir ağı araç kutusu) kullanılarak oluşturulmaktadır. Matlab çalıştırılıp komut satırına “nntool” yazıldığında Şekil 3.22’ de verilen Network/Data Manager penceresi açılmaktadır.



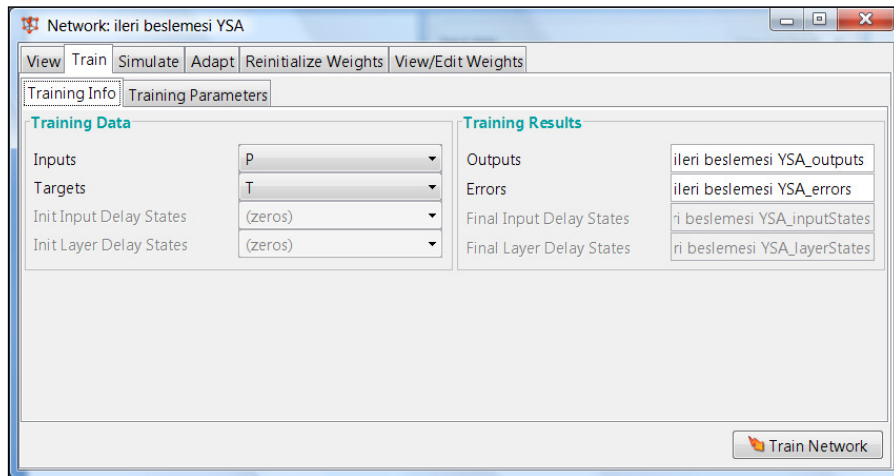
Şekil 3.22. Nntool penceresi.

Bu pencereden “New” butonuna tıklanıp data sekmesine gelindiğinde sisteme ait giriş ve hedef veriler girildikten sonra Network sekmesine gelinmektedir (Şekil 3.23). Bu pencereden sistemde kullanılacak ağ çeşidi ileri beslemeli ağ olarak seçildiğinde bu ağa ait giriş ve hedef verileri, ağın kaç katmanlı olduğu ve her katmanda bulunan nöron sayıları, eğitim fonksiyonu seçimi ve transfer fonksiyonu seçimi gibi ayarlamalar yapılabilir.

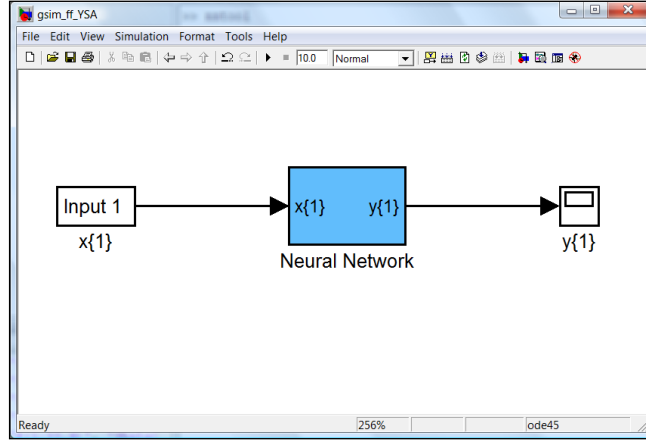


Şekil 3.23. Ağ oluşturma penceresi.

Gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra ağ oluşturulduktan sonra Network/Data Manager penceresinden ağın üzerine çift tıklanır. Ağın giriş ve hedef verileri seçilir (Şekil 3.24). Eğitim için iterasyon sayısı, hedef hata gibi parametre ayarlamaları yapıldıktan sonra ağ eğitilir. Eğitilen ağ Matlab çalışma alanına aktarıldıktan sonra gensim(ağ adı) komutu ile simulink modeli oluşturulur (Şekil 3.25).



Şekil 3.24. Ağ eğitimi penceresi.



Şekil 3.25. Simulink Gensim ağ modeli.

## BÖLÜM 4

### DENEYSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLAR

Kurulan düzenek üzerinde yapılan deneye göre, gün boyunca ya da deney süresi boyunca kayıtlar yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kovanın durumu ve performansı tespit edilmiştir. Kovan durumu için arı seslerinden faydalanılmaktadır. Toplam 8 farklı durum için durum tespiti yapılmaktadır. Bunlar sırasıyla, normal durum, oğul verme dönemi, kovan içerisinde iki ana arı bulunması, kovan içi sıcaklığın arttırılması, kovan içi sıcaklığının düşürülmesi, kovan içi nem oranının arttırılması, kovan içerisine duman verilmesi ve arının kek ile beslenmesi durumlarıdır. Kovan performansının tespit edilebilmesi için kovan içi sıcaklık, ortam sıcaklığı, kovan içi nem, kovan ağırlığı verilerinden faydalanarak kovan performansı çok kötü, kötü, normal, iyi, çok iyi sonuçları çıkarılmaktadır.

#### 4.1. KOVAN DURUMUNUN TESPİT EDİLMESİ

Kovan durumunun tespit edilmesi için kovan içi arı seslerinden yararlanılmaktadır. 8 farklı durum için kovan hazırlanmış ve arıların çıkardıkları sesler kaydedilmiştir. Kovan durumunun ileri beslemeli sinir ağı ile tespiti için kovan içi arı seslerinden veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri seti ile ileri beslemeli yapay sinir ağı eğitilmiştir.

##### 4.1.1. Kovan Durumunun Tespiti İçin Veri Setinin Oluşturulması

Arı kovan durumunun tespit edilebilmesi için kovan içi arı sesleri yapılan deney boyunca kaydedilmektedir. 1 dakikada 3 kez kayıt alınmaktadır. Her kayıt 10 saniye sürmektedir. Veri setinin oluşturulması için yapılan deneye göre bal arılarının gün içinde aktif olduğu saatler temel alınmıştır. Normal durum, oğul verme dönemi, kovan içerisinde iki ana arı olması durumu, kovan sıcaklığı düşürüldüğünde ve arı

kek ile beslendiği durumlarda, gün içinde 9:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00 saatlerdeki veriler kullanılmaktadır. Normal durum tespiti için 3 farklı ay kullanılmaktadır. Bu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Kovan içi sıcaklığı arttırıldığında, kovan içerisi nemlendirildiğinde ve kovana duman verildiğinde arıların tepkileri çok ani ve hızlı olduğu için 2 saatlik dönem için kayıt alınmıştır.

Normal durum için 15, geriye kalan 7 durumun her birisi için 5 adet ve toplam 50 adet veri ağın eğitimi için kullanılmaktadır. Zaman ekseninde kaydedilen arı seslerinin HFD alınmaktadır. Böylelikle zaman ekseninde anlam ifade etmeyen veriler daha anlamlı hale getirilmiş olur. Bal arıları yoğunluklu olarak 1kHz' e kadar ses sinyalleri üretmektedirler. Bu sebeple, HFD alınan ses sinyallerinin 1kHz' e kadar olan kısmı kullanılmaktadır. HFD alınan sinyaller ile ağ eğitilebilmesi için 35 adet örnek alınmaktadır. Normal durum için kaydedilen verilerden birisi şekil 4.1.a' da gösterilmektedir. Veri seti olarak bu sinyalin HFD kullanılmaktadır (şekil 4.1.b). arı günlük normal faaliyetleri sırasında çıkardığı sesler 370Hz civarında kümelendiği gözlemlenmektedir. Normal durum için şekil 4.1' de verilen ses grafiği 2010 Temmuz ayına aittir.

Oğul verme döneminde kaydedilen ses verileri ve bu ses verilerinin HFD şekil 4.2' de verilmektedir. Arı sesi frekansının 1kHz' lik bölgeye yayıldığı görülmektedir. Kaydedilen bu ses verilerinden bir gün sonra kovan oğul vermiştir. Kovanın 25 Mayıs 2010 tarihinde oğul vermiştir.

Kovan içinde iki ana arı olması durumu için yapılan ses kaydı zaman ve frekans ekseninde şekil 4.3' de verilmektedir. Kovan içerisine ufak bir kafes içindeki döllenmiş ana arı ve onun bakımının yapılabilmesi için 6 işçi arı kafes ile birlikte kovana yerleştirilmiştir. Arının normal durumdan farklı ses çıkardığı şekil 4.3' de görülmektedir. Kovana yerleştirilen ikinci ana arı iki gün süre ile kovan içerisinde kalmıştır. Yapılan deney 07-08 Eylül 2010 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir.

Kovan sıcaklığı arttığında bal arılarının oluşturduğu ses grafiği şekil 4.4' de verilmektedir. Elektrikli bir ısıtıcı ile kovan sıcaklığı 33°C' den 40°C' ye çıkana



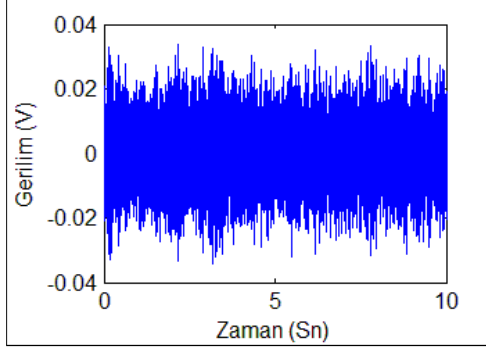
kadar kovan içerisi ısıtılmıştır. Arılar kovan içini havalandırarak yaklaşık 2 saat içerisinde kovan sıcaklığını tekrar 33°C' ye indirmişlerdir. Kovan içi sıcaklığı, 19 Ekim 2010 tarihinde, 14:00-16:00 saat aralığında yükseltilmiştir.

Kovan sıcaklığının düşürüldüğü durumda bal arılarının çıkardıkları sesler, zaman ve frekans ekseninde Şekil 4.5' de verilmektedir. Kovan içi sıcaklığı düşürmek için kovanın içi açılmış ve bir gece bu şekilde beklenmiştir. Arılar kovan merkez sıcaklığını sabit tutmayı başarmışlardır. Kovan merkez sıcaklığı 29°C' ye kadar düşmüştür. Arı aktivitelerinin yavaşladığı Şekil 4.5' deki grafiklerden de anlaşılabilir. Deney 30 Ekim 2010' da gerçekleştirilmiştir.

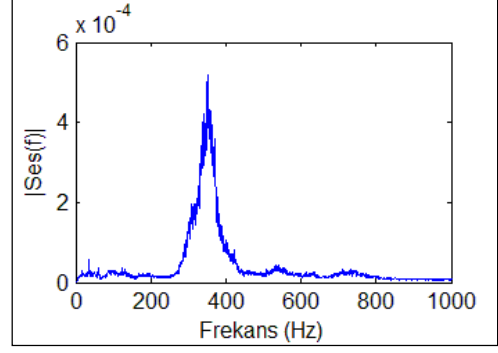
Kovan nemi arttırıldığında bal arılarının çıkarmış olduğu seslerin zaman ve frekans eksenindeki grafikleri Şekil 4.6' da verilmektedir. Kovan içi nem oranını arttırmak için 3 adet 20x20cm boyutundaki el havlusu 150ml su ile ıslatılmış ve kovan içerisine yerleştirilmiştir. Kovan içi nem oranı %35 seviyesinden %80 seviyesine çıkmıştır. Bal arıları kovan içerisini havalandırarak nem miktarını 4 saat içerisinde tekrar %35' e indirmeyi başarmıştır. Bu deney 09 Eylül 2010 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Kovan içerisine duman verildiğinde bal arılarının çıkarmış olduğu seslerin zaman ve frekans eksenindeki grafikleri Şekil 4.7' de verilmektedir. Kalın karton parçaları körük içinde yakılmış ve çıkan duman kovan içerisine verilerek deney gerçekleştirilmiştir. Arıcılar bu yöntemi arıları sakinleştirmek için kullanmaktadırlar. Deney 17 Ekim 2010 tarihinde yapılmıştır. Deney 2 saat sürmüştür.

Kovan içerisine bal, vitamin ağırlıklı bir karışım olan arı keki verilmiştir. Bal arılarının kek ile beslenmeleri sırasında çıkardığı sesler zaman ve frekans ekseninde Şekil 4.8' de verilmektedir. Deney 18 Ekim 2010 tarihinde yapılmıştır.

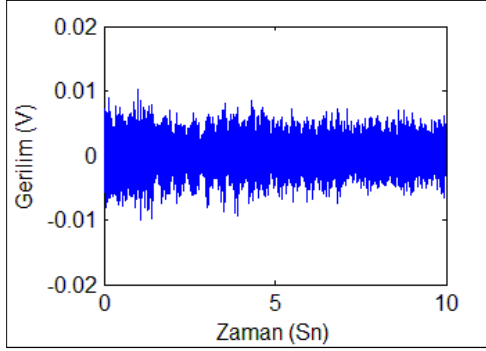


a) Normal durum için kovan içi arı sesleri.

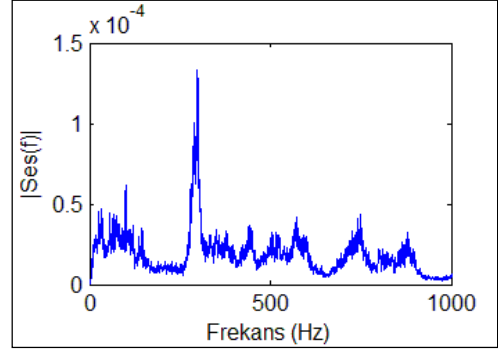


b) Normal durum için kovan içi arı seslerinin HFD.

Şekil 4.1. Normal durum için kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.

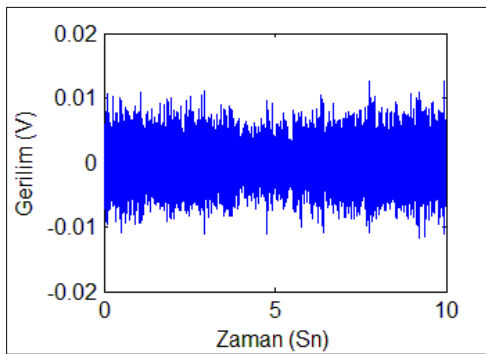


a) Oğul verme döneminde kovan içi arı sesleri.

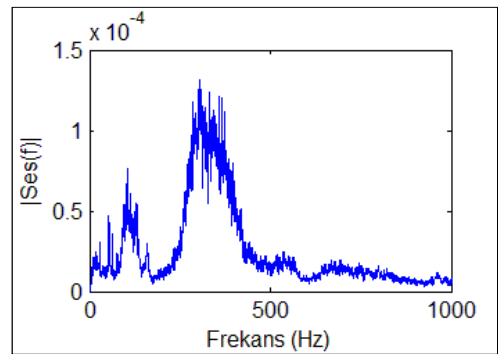


b) Oğul verme döneminde kovan içi arı seslerinin HFD.

Şekil 4.2. Oğul verme döneminde kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.

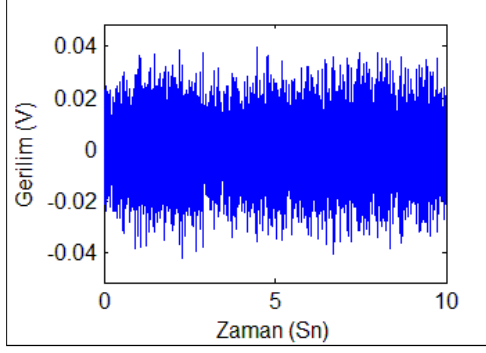


a) Kovanda iki ana arı olduğunda kovan içi arı sesleri.

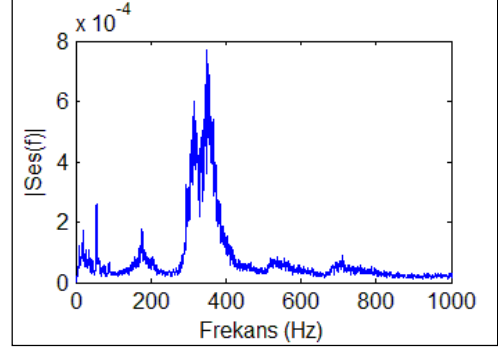


b) Kovanda iki ana arı olduğunda kovan içi arı seslerinin HFD.

Şekil 4.3. Kovanda iki ana arı olduğunda kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.

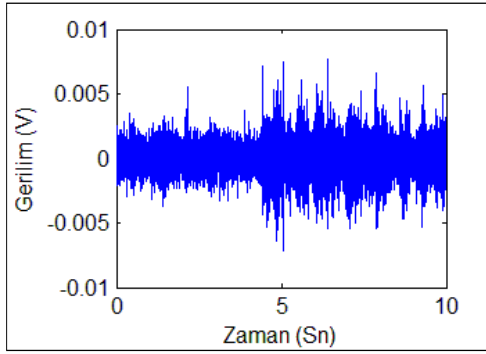


a) Kovan sıcaklığı artırıldığında kovan içi arı sesleri.

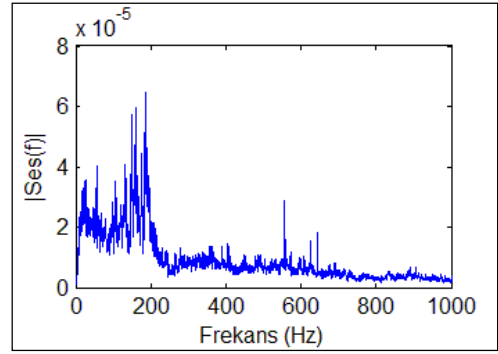


b) Kovan sıcaklığı artırıldığında kovan içi arı seslerinin HFD.

Şekil 4.4. Kovan sıcaklığı artırıldığında kovan içi arı örnek sesleri grafikleri.

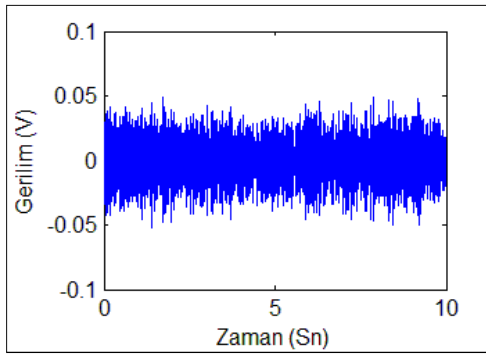


a) Kovan sıcaklığı düşürüldüğünde kovan içi arı sesleri.

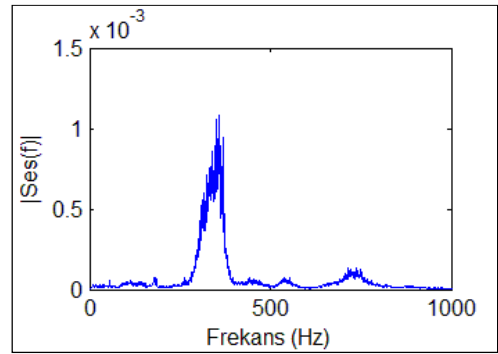


b) Kovan sıcaklığı düşürüldüğünde kovan içi arı seslerinin HFD.

Şekil 4.5. Kovan sıcaklığı düşürüldüğünde kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.

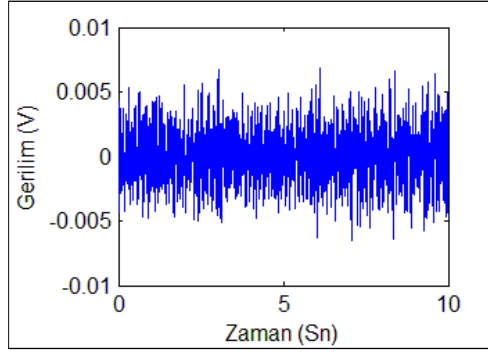


a) Kovan nemi artırıldığında kovan içi arı sesleri.

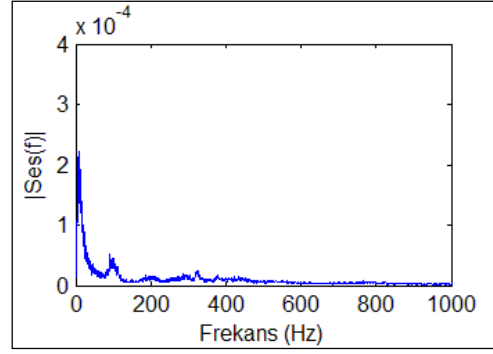


b) Kovan nemi artırıldığında kovan içi arı seslerinin HFD.

Şekil 4.6. Kovan nemi artırıldığında kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.

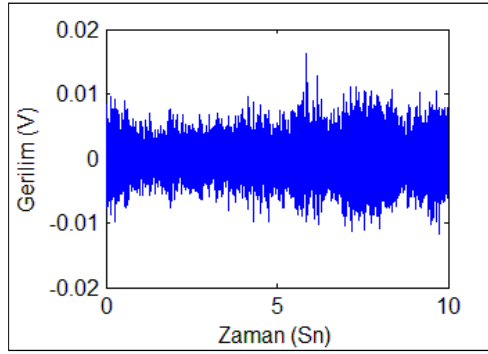


a) Kovana duman verildiğinde kovan içi arı sesleri.

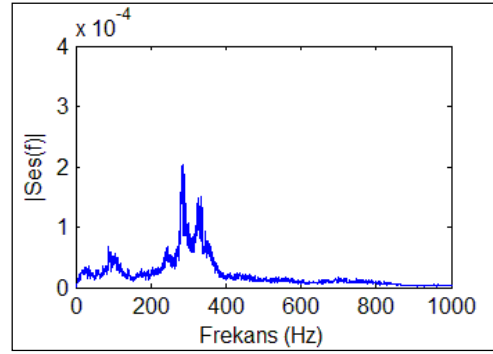


b) Kovana duman verildiğinde kovan içi arı seslerinin HFD.

Şekil 4.7. Kovana duman verildiğinde kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.



a) Arılar kek ile beslendiğinde kovan içi arı sesleri.



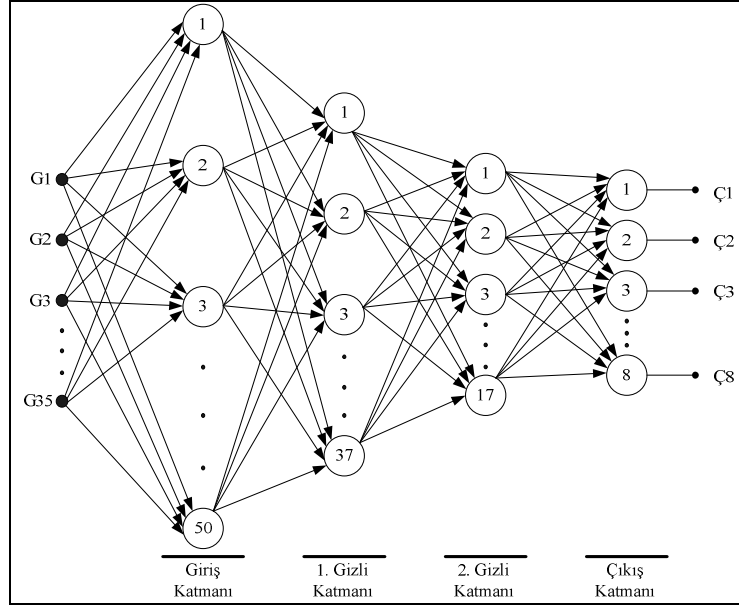
b) Arılar kek ile beslendiğinde kovan içi arı seslerinin HFD.

Şekil 4.8. Arılar kek ile beslendiğinde kovan içi örnek arı sesleri grafikleri.

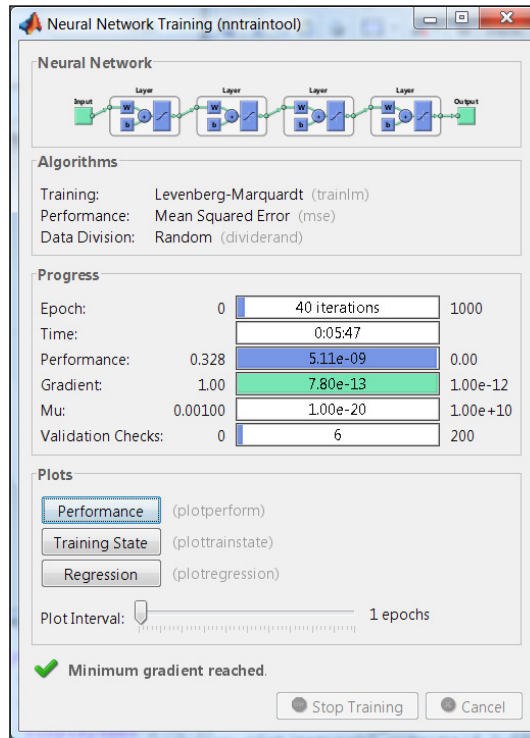
#### 4.1.2. İleri Beslemeli YSA İle Kovan Durumunun Tespiti

Yapılan deneylerden elde edilen veri seti ile deneme yanılma yöntemi kullanılarak bulunan en iyi sonuç Şekil 4.9' da verilmektedir. 35 giriş (G1, G2, G3, ... , G35) için 8 çıkış (Ç1, Ç2, Ç3, ... ,Ç8) bulunmaktadır. YSA giriş katmanı, 1. gizli katman, 2. gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere 4 katmandan oluşmaktadır. Giriş katmanında 50 adet nöron, 1. gizli katmanda 37 adet nöron, 2. gizli katmanda 17 adet nöron, çıkış katmanında 8 adet bulunmaktadır. Giriş verileri normalize edilerek ağa uygulanmaktadır. İleri beslemeli YSA 40 iterasyonda eğitimini tamamlamaktadır (Şekil 4.10). Eğitim süresi 5 dakika 47 saniye sürmüştür. Ağ penceresi üzerinde

“Performance”, “Training State” ve “Regression” butonları bulunmaktadır. Bu butonlara tıklandığında tıklanan butona dair ayrıntılı bir grafik görülmektedir.

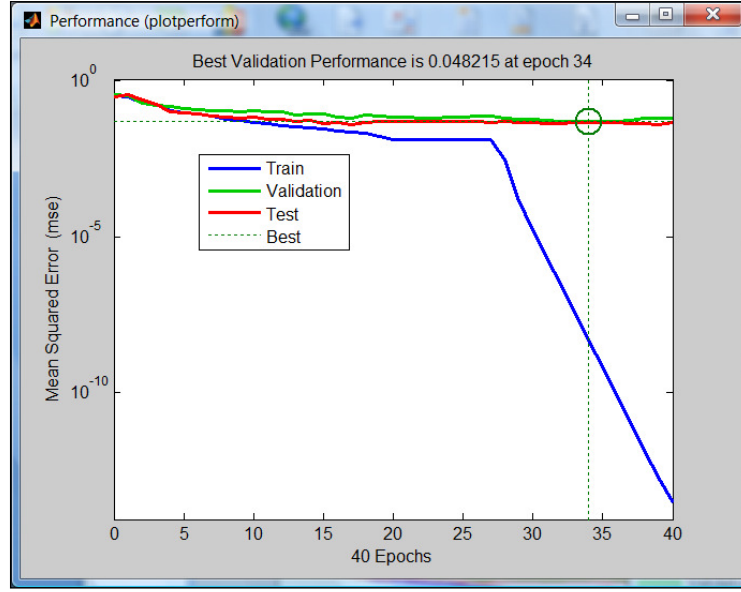


Şekil 4.9. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan YSA.



Şekil 4.10. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağı eğitimi.

Ağın performansı görmek için performans butonuna tıklandığında ağın performans grafiği görülmektedir (Şekil 4.11). Grafikte 3 adet veri görülmektedir. Giriş ve hedef vektörleri rastgele 3' e bölünmektedir. Giriş vektörünün %60 rastgele bir atama sonucunda eğitim için kullanılmaktadır (Train). Giriş vektörlerinin %20' si ağın yayılımını onaylamak için kullanılır (Validation). Giriş vektörlerinin geriye kalan son %20' si ağın çıkışını test etmektedir (Test).

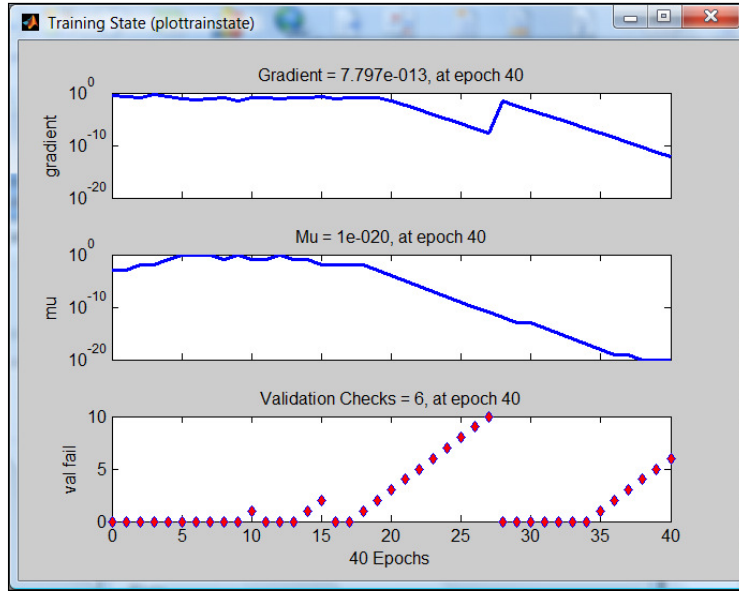


Şekil 4.11. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağın performans grafiği.

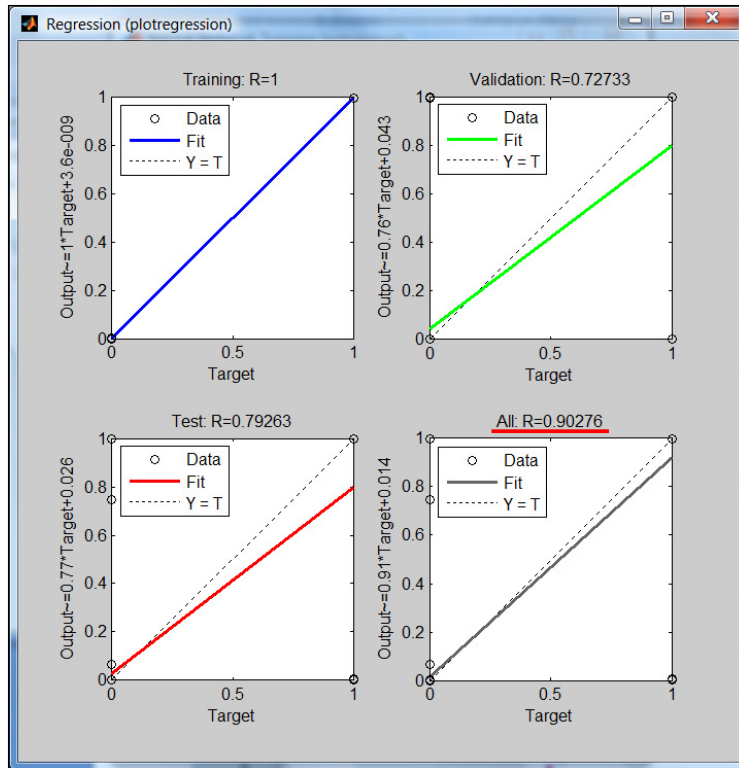
Ağın eğitim durumu için “Ağ Eğitimi” penceresinden “Training State” butonuna tıklanır (Şekil 4.12). Bu pencereden 3 adet grafik görülmektedir. Ağın eğitim eğimi (Gradient) ağın eğitiminin sonlandırılmasında etkilidir. Marquardt-Levenberg algoritması içindeki “mu” değişkeninin grafiği ve ağın yayılımını doğrulayan “Validation Fail”, doğrulama hatası grafikleri görülmektedir.

Şekil 4.13’ de ağ eğitim doğrulaması grafiği verilmektedir. Burada 4 adet grafik görülmektedir. Bunlar “Training” (Eğitim), “Validation” (Doğrulama), “Test” ve “All” (Hepsi) grafikleridir. Bu grafiklerle hedef ile çıkış arasındaki ilişki görülmektedir. Yuvarlak halkaların köşeden köşeye çizilmiş çizgi dışına çıkmaması yada uzaklaşmaması gerekmektedir. Şekil 4.13’ de 8 noktada çizgi dışına çıktığı bazı noktaların ise çizgiden biraz saptığı görülmektedir. Toplam %90,27 doğrulukla

ağın eğitildiği Şekil 4.13' ten görülmektedir.



Şekil 4.12. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağın eğitim durumu.



Şekil 4.13. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağın eğitiminin doğrulaması.

Kovan durumu için YSA girişine uygulanan veri seti ile elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’ de verilmektedir. Uygulanan veri seti ağ eğitiminde kullanılan veri setinden farklıdır. Uygulanan toplam 640 durum örneği için %94,06 başarı elde edilmektedir.

Çizelge 4.1. Kovan durumunun tespit edilmesi için oluşturulan ağın test edilmesi.

| Kovan Durumu                           | Kovan Durumu İçin Toplam Örnek Sayısı | Doğru Bulunan Kovan Durumu Sayısı | Yanlış Bulunan Kovan Durumu Sayısı | Başarı Yüzdesi |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|
| Normal Durum                           | 80                                    | 78                                | 2                                  | %97,50         |
| Oğul Verme Durumu                      | 80                                    | 76                                | 4                                  | %95,00         |
| Kovanda İki Ana Arı Olması Durumu      | 80                                    | 79                                | 1                                  | %98,75         |
| Kovan Sıcaklığının Arttırılması Durumu | 80                                    | 73                                | 7                                  | %91,25         |
| Kovan Sıcaklığının Düşürülmesi Durumu  | 80                                    | 73                                | 7                                  | %91,25         |
| Kovan Neminin Arttırılması Durumu      | 80                                    | 76                                | 4                                  | %95,00         |
| Kovana Duman Verilmesi Durumu          | 80                                    | 75                                | 5                                  | %93,75         |
| Arıların Kek İle Beslenmesi Durumu     | 80                                    | 72                                | 8                                  | %90,00         |
| Genel Toplam                           | 640                                   | 602                               | 38                                 | %94,06         |

## 4.2. KOVAN PERFORMANSININ TESPİT EDİLMESİ

Kovan performansının tespit edilmesi için kovan içi sıcaklık, ortam sıcaklığı, kovan içi nem, ortamın nemi, kovan ağırlığı ve saat bilgilerinden yararlanılmaktadır. Bu bilgiler gün içerisinde kaydedilmiştir. Kovan performansının ileri beslemeli sinir ağı ile tespit edilebilmesi için kovan içi sıcaklık, kovan içi sıcaklık ile ortam sıcaklığı farkının mutlak değeri, kovan içi nem, kovan içi nem ile ortamın nemi farkının mutlak değeri ve ağırlıktaki değişim ile veri seti hazırlanmıştır. Hazırlanan veri seti ile ileri beslemeli yapay sinir ağı eğitilmiştir.

### 4.2.1. Kovan Performansının Tespiti İçin Veri Setinin Oluşturulması

Bal arıları dış ortam sıcaklık ve nem ne olursa olsun kovan içi sıcaklık ve nemi belirli



bir seviyede tutmalıdırlar. Bu seviye sıcaklık için 27-35°C arası, nem için %30-40 olmalıdır. Ortam sıcaklığı ve nemi mevsime göre kovan içi sıcaklık ve nem parametrelerine yakın veya uzak değerlerde olabilir. Kovan içi sıcaklık ve nem, ortam sıcaklığı ve nemine çok yakın bir değer ve kovan içi sıcaklık ve nem olması gereken seviyelerden uzak ise ve kovan ağırlığında artış görülüyorsa, kovan performansı için çok kötü sonucu çıkarılmaktadır. Ortam sıcaklığı ve nemi, kovan içi sıcaklık ve nemden çok uzak bir değer ve kovan içi sıcaklık ve nem olması gereken seviyelerde ise ve kovan ağırlığında artış görülüyorsa, kovan performansı için çok iyi sonucu çıkarılmaktadır. İleri beslemeli yapay sinir ağlarının diğer çıkarımları ise kötü, normal, iyi sonuçlarıdır.

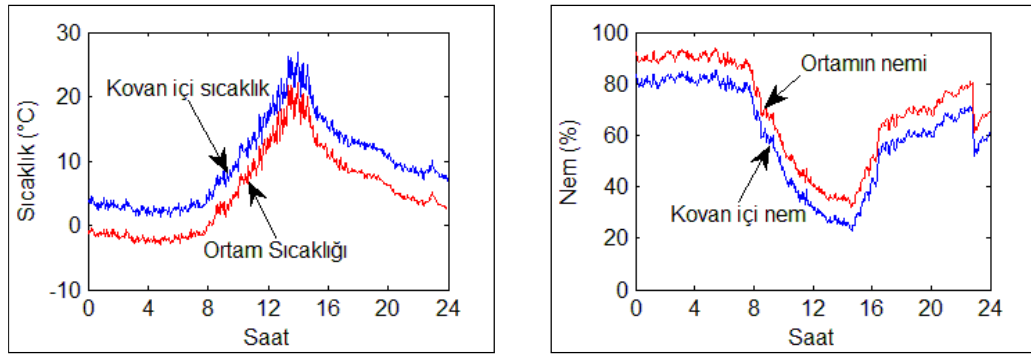
Veri setinin oluşturulabilmesi için normal sonuçlar üzerinde değişikliğe gidilmiştir. Bunun sebebi deneysel çalışmada kullanılan arı kovanının hiçbir zaman çok kötü veya kötü sonucu üretmemesidir.

Şekil 4.14' de performansı çok kötü olarak oluşturulmuş bir kovan örneği verilmektedir. Şekil 4.14.a' da kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği arasındaki ilişki görülmektedir. Kovan sıcaklığı gün içerisinde 7°C' nin altına düşmektedir. Bu sıcaklık arılar için ölümcüldür. Kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı farkı 5°C' yi aşmamaktadır. Bu da bal arılarının dış ortam sıcaklığına diremediğini ve dış ortam sıcaklığı ile birlikte gün içerisinde ısındıklarını göstermektedir. Kovan içi nem oranı gün içerisinde %80 seviyelerine çıkmaktadır (Şekil 4.14.b). Bu oran hem arılar hem de kovan içerisindeki bal için olumsuz bir durumdur. Kovan içi nem oranı, sıcaklık grafiğinde olduğu gibi ortamın nem oranını takip etmekte ve bal arıları kovan içi nem oranını sabit tutamamaktadırlar. Kovanın ağırlık değişiminde önemli bir gelişme görülmemektedir (Şekil 4.14.c). Bütün bu parametreler kovanın performansının çok kötü olduğunu ve arıcının kovana müdahale etmesi gerektiğini göstermektedir.

Şekil 4.15' de performansı kötü olarak oluşturulmuş bir kovan örneği verilmektedir. Şekil 4.15.a' da kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği arasındaki ilişki görülmektedir. Kovan sıcaklığı gün içerisinde 20°C' nin altına düşmektedir. Bu sıcaklık arılar için ölümcül değildir ancak arılar için istenilen değerlerden düşüktür.

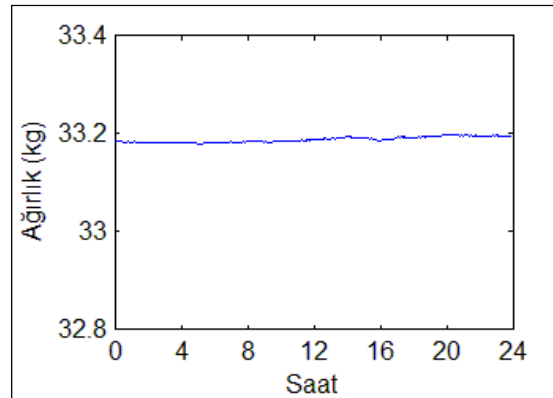
Kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı farkı 15°C civarındadır. Bu da bal arılarının dış ortam sıcaklığına direndiklerini ancak istenilen seviyede sabit tutamadıklarını göstermektedir. Kovan içi nem oranı gün içerisinde %60 seviyelerine çıkmaktadır (şekil 4.15.b) ancak bal arıları nem oranını ögle saatlerinde %30-40 seviyelerinde sabit tutmayı başarabilmektedirler.

Bu da bal arılarının nem oranını istenilen seviyede sabit tutmaya çalıştıklarını ancak gün içerisindeki artışlara engel olamadıklarını göstermektedir. Kovanın ağırlık değişiminde 25-30g kadar bir artış görülmektedir (şekil 4.15.c). Bütün bu parametreler kovanın performansının kötü olduğunu ve arıcının kovana müdahale etmesi gerektiğini göstermektedir.



a) ok kötü performans için kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği.

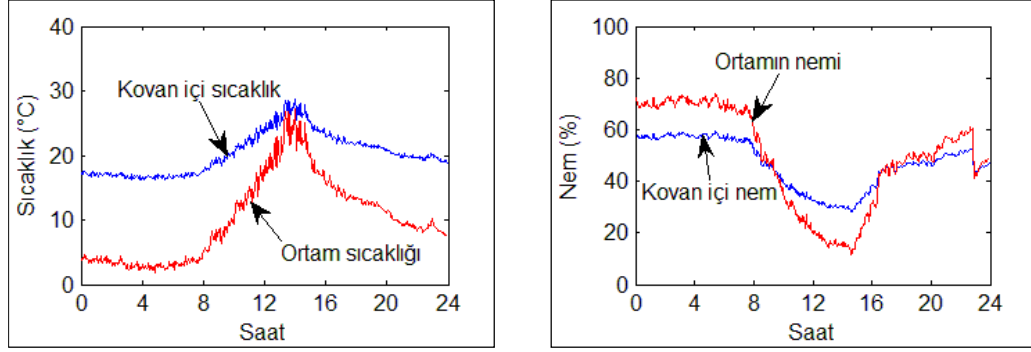
b) ok kötü performans için kovan içi nem ve ortamın nemi grafiği.



c) ok kötü performans için kovan ağırlık grafiği.

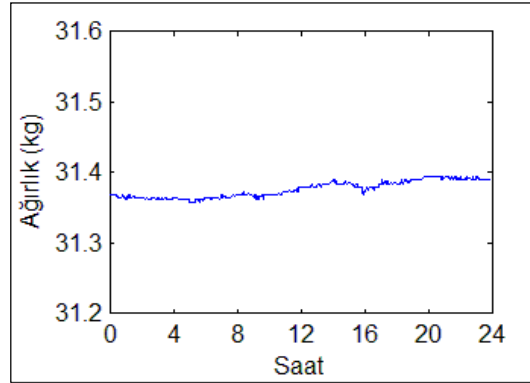
şekil 4.14. Çok kötü performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri.

Şekil 4.16' da performansı normal olan bir kovan örneği verilmektedir. Şekil 4.16.a' da kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği arasındaki ilişki görülmektedir. Ortam sıcaklığı gün içerisinde  $20^{\circ}\text{C}$ ' nin altına düşmekte ve  $40^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar çıkmaktadır ancak kovan içi sıcaklık sürekli olarak  $33^{\circ}\text{C}$  ile  $35^{\circ}\text{C}$  arasında sabit kalmaktadır.



a) Kötü performans için kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği.

b) Kötü performans için kovan içi nem ve ortamın nemi grafiği.

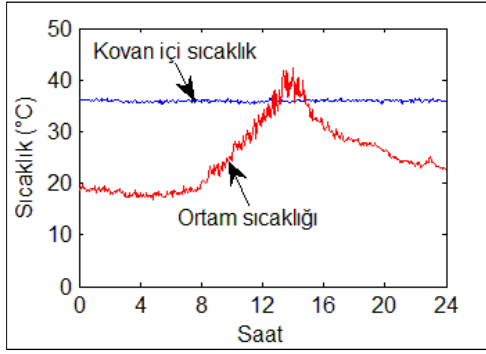


c) Kötü performans için kovan ağırlık grafiği.

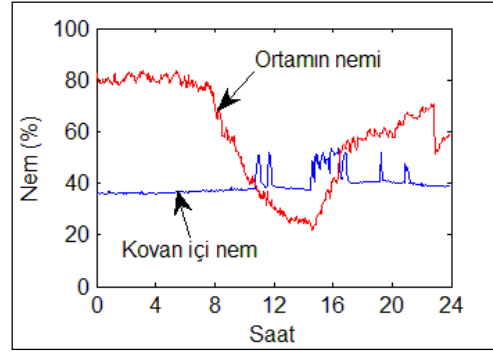
Şekil 4.15. Kötü performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri.

Gün içerisinde kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı farkı en fazla  $15^{\circ}\text{C}$ ' ye ulaşmaktadır. Bu da bal arılarının dış ortam sıcaklığına direndiğini ve sıcaklığı sabit tuttuklarını göstermektedir. Ortamın nem oranı gün içerisinde %25-80 arasında değişmesine rağmen kovan içi nem oranı gün içerisinde %35-45 seviyelerine kalmaktadır (Şekil 4.16.b). Bu da bal arılarının nem oranını istenilen seviyede sabit tuttuklarını göstermektedir. Kovanın ağırlık değişiminde 100-150g kadar bir artış görülmektedir (Şekil 4.16.c). Bu da kovana bal akışı olduğunu göstermektedir. Bütün bu parametreler kovanın performansının normal olduğunu göstermektedir.

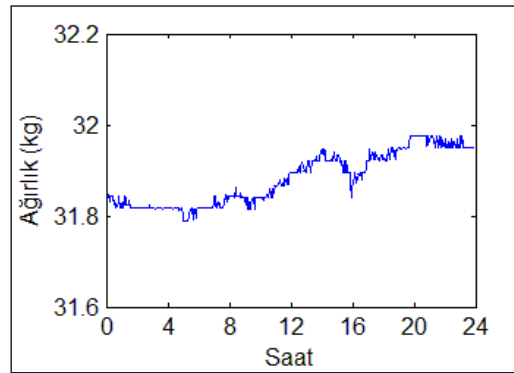
Şekil 4.17' de performansı iyi olarak oluşturulmuş bir kovan örneği verilmektedir. Şekil 4.17.a' da kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği arasındaki ilişki görülmektedir. Ortam sıcaklığı gün içerisinde  $10^{\circ}\text{C}$ ' nin altına düşmesine rağmen kovan içi sıcaklık  $33-35^{\circ}\text{C}$ ' de sabit kalmaktadır. Kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı farkı  $25^{\circ}\text{C}$ ' yi aşmaktadır. Bal arılarının ortam sıcaklığına direncinin yüksek olduğu görülmektedir. Ortamın nem oranı gün içerisinde  $\%18-88$  arasında değişmesine rağmen kovan içi nem oranı gün içerisinde  $\%35-45$  seviyelerine kalmaktadır (Şekil 4.17.b). Bu da bal arılarının nem oranını istenilen seviyede sabit tuttuklarını göstermektedir. Kovanın ağırlık değişiminde  $150-200\text{g}$  kadar bir artış görülmektedir (Şekil 4.17.c). Bütün bu parametreler kovanın performansının iyi olduğunu göstermektedir.



a) Normal performans için kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği.



b) Normal performans için kovan içi nem ve ortamın nemi grafiği.

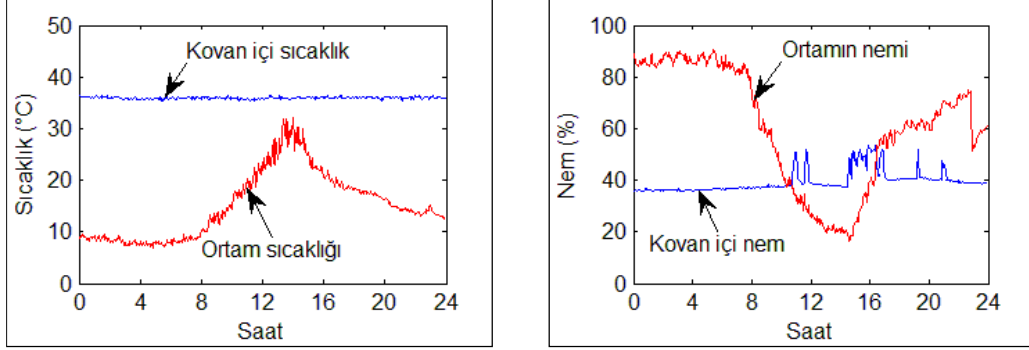


c) Normal performans için kovan ağırlık grafiği.

Şekil 4.16. Normal performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri.

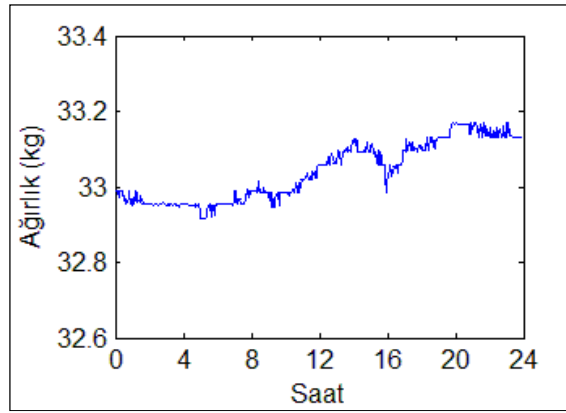
Şekil 4.18' de performansı çok iyi olarak oluşturulmuş bir kovan örneği

verilmektedir. Şekil 4.18.a' da kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği arasındaki ilişki görülmektedir.



a) İyi performans için kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği.

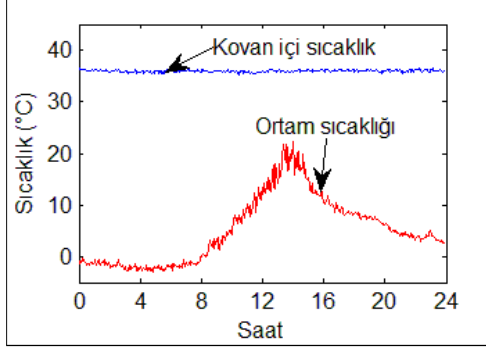
b) İyi performans için kovan içi nem ve ortamın nemi grafiği.



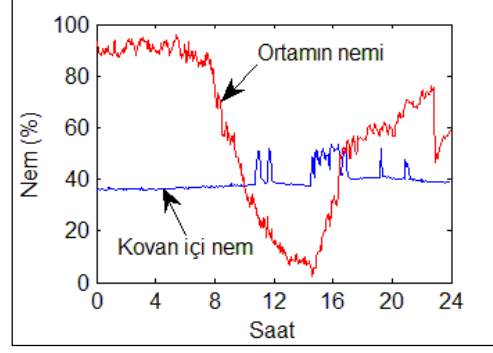
c) İyi performans için kovan ağırlık grafiği.

Şekil 4.17. İyi performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri.

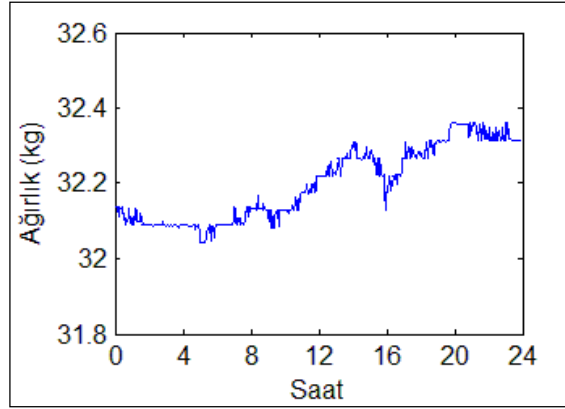
Ortam sıcaklığı gün içerisinde 0°C' nin altına düşmesine rağmen kovan içi sıcaklık 33-35°C' de sabit kalmaktadır. Kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı farkı 35°C' yi aşmaktadır. Bu da bal arılarının dış ortam sıcaklığına direncinin çok yüksek olduğunu göstermektedir. Ortamın nem oranı gün içerisinde %5-95 arasında değişmesine rağmen kovan içi nem oranı gün içerisinde %35-45 seviyelerine kalmaktadır (Şekil 4.18.b) Bu da bal arılarının nem oranını istenilen seviyede sabit tuttuklarını göstermektedir. Kovanın ağırlık değişiminde 200-250g kadar bir artış görülmektedir (Şekil 4.18.c). Bütün bu parametreler kovanın performansının çok iyi olduğunu göstermektedir.



a) Çok iyi performans için kovan içi sıcaklık ve ortam sıcaklığı grafiği.



b) Çok iyi performans için kovan içi nem ve ortamın nemi grafiği.

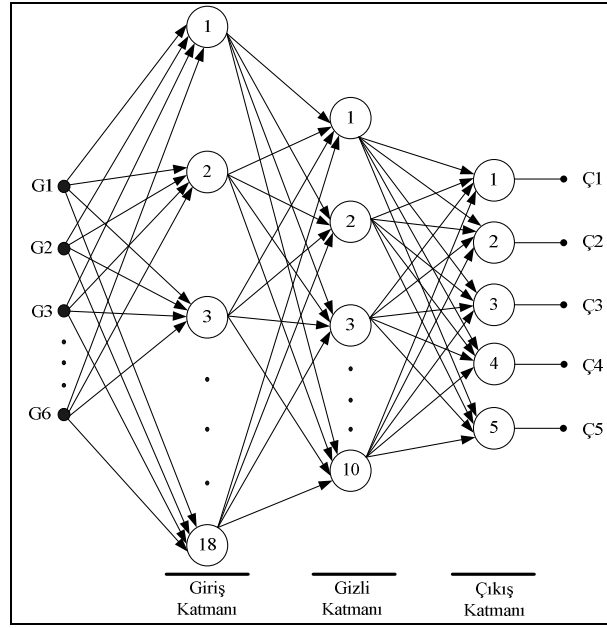


c) Çok iyi performans için kovan ağırlık grafiği.

Şekil 4.18. Çok iyi performans için sıcaklık, nem ve ağırlık grafikleri.

#### 4.2.2. İleri Beslemeli YSA İle Kovan Performansının Tespiti

Yapılan deneylerden elde edilen veri seti ile deneme yanılma yöntemi kullanılarak bulunan en iyi sonuç Şekil 4.19' da verilmektedir. 6 giriş (G1, G2, G3, ... , G6) için 5 çıkış (Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5) bulunmaktadır. YSA giriş katmanı, gizli katman, ve çıkış katmanı olmak üzere 3 katmandan oluşmaktadır. Giriş katmanında 18 adet nöron, gizli katmanda 10 adet nöron ve çıkış katmanında 5 adet bulunmaktadır. Giriş verileri kovan içi sıcaklık, kovan içi sıcaklık ile ortam sıcaklığı farkının mutlak değeri, kovan içi nem oranı, kovan içi nem ile ortam neminin farkı, kovan ağırlığındaki değişim ve saat verileridir. Günün her saatinde bir örnek alınmak üzere her veri için 24 adet örnekleme yapılmaktadır.

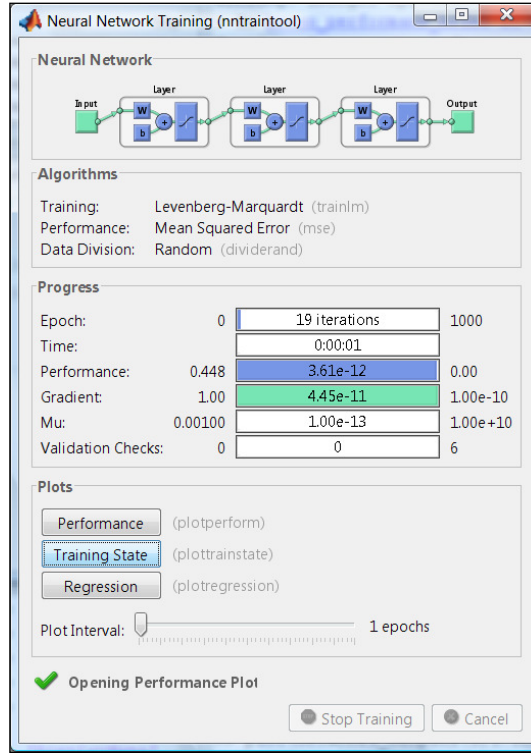


Şekil 4.19. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan YSA.

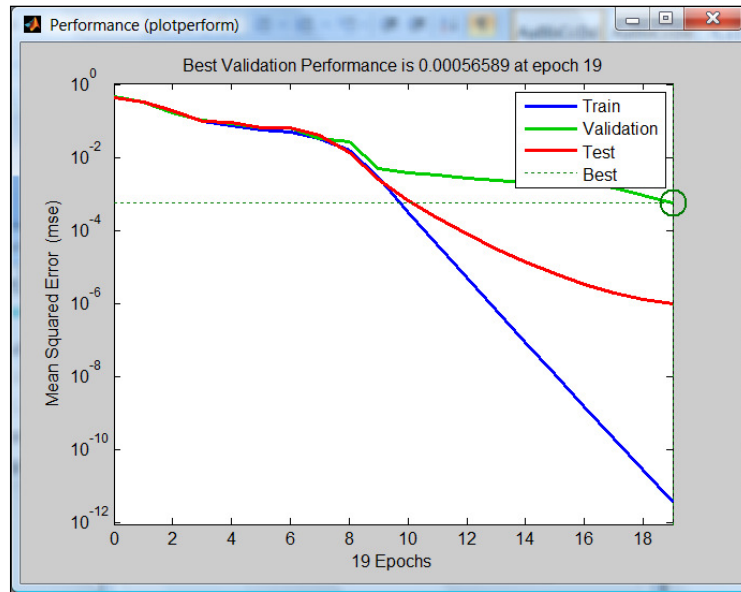
İleri beslemeli YSA 19 iterasyonda eğitimini tamamlamaktadır. Eğitim süresi 1 saniye sürmektedir (Şekil 4.20). Ağ penceresi üzerinde “Performance”, “Training State” ve “Regression” butonları bulunmaktadır. Bu butonlara tıklandığında tıklanan butona dair ayrıntılı bir grafik görülmektedir.

Ağın performansı görmek için performans butonuna tıklandığında ağın performans grafiği görülmektedir (Şekil 4.21). Grafikte 3 adet veri görülmektedir. Giriş ve hedef vektörleri rastgele 3'e bölünmektedir. Giriş vektörünün %60 rastgele bir atama sonucunda eğitim için kullanılmaktadır (Train). Giriş vektörlerinin %20'si ağın yayılımını onaylamak için kullanılır (Validation). Giriş vektörlerinin geriye kalan son %20'si ağın çıkışı test etmektedir (Test).

Eğitim için Marquardt-Levenberg algoritması seçilmiştir. Bu algoritma en hızlı eğitimi elde etmek için kullanılmaktadır. Ağın eğitim durumu için “Ağ Eğitimi” penceresinden “Training State” butonuna tıklanır (Şekil 4.22). Bu pencereden 3 adet grafik görülmektedir. Ağın eğitim eğimi (Gradient) ağın eğitiminin sonlandırılmasında etkilidir. Marquardt-Levenberg algoritması içindeki “mu” değişkeninin grafiği ve ağın yayılımını doğrulayan “Validation Fail”, doğrulama hatası grafikleri görülmektedir.

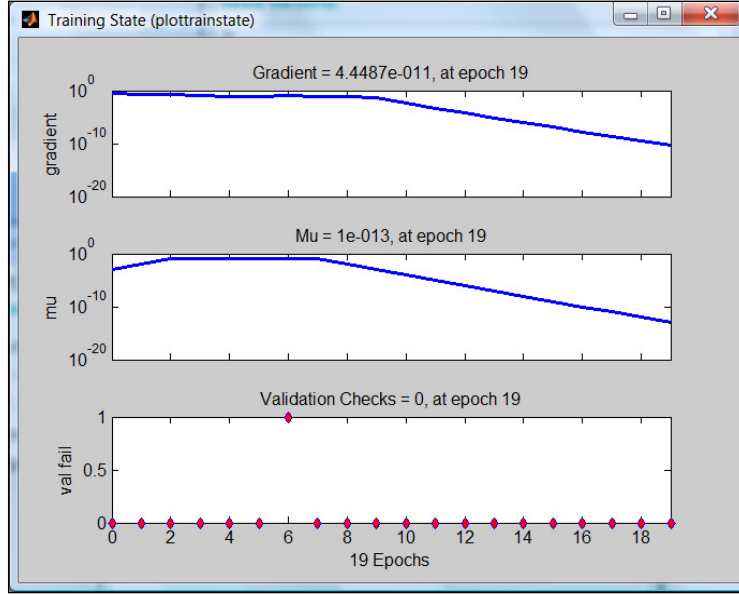


Şekil 4.20. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağın eğitimi.

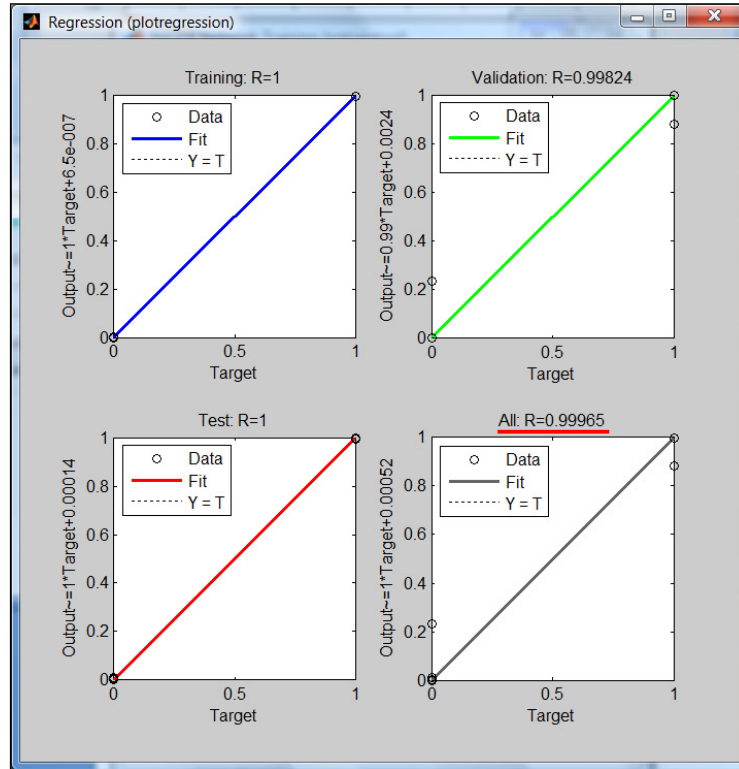


Şekil 4.21. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağın performans grafiği.





Şekil 4.22. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağı eğitim durumu.



Şekil 4.23. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağı eğitiminin doğrulaması.

Şekil 4.23’ de ağ eğitim doğrulaması grafiği verilmektedir. Burada 4 adet grafik görülmektedir. Bunlar “Training” (Eğitim), “Validation” (Doğrulama), “Test” ve “All” (Hepsi) grafikleridir. Bu grafiklerle hedef ile çıkış arasındaki ilişki görülmektedir. Yuvarlak halkaların köşeden köşeye çizilmiş çizgi dışına çıkmaması ya da uzaklaşmaması gerekmektedir. Şekil 4.23’ de 2 noktanın çizgiden biraz saptığı görülmektedir. Toplam %99,96 doğrulukla ağın eğitildiği Şekil 4.23’te görülmektedir.

Çizelge 4.2. Kovan performansının tespit edilmesi için oluşturulan ağın test edilmesi.

| Kovan Performansı | Kovan Performansı İçin Toplam Örnek Sayısı | Doğru Bulunan Kovan Performansı Sayısı | Yanlış Bulunan Kovan Performansı Sayısı | Başarı Yüzdesi |
|-------------------|--|--|---|----------------|
| Çok Kötü          | 960  | 867                                    | 93                                      | %90,31         |
| Kötü              | 960  | 839                                    | 121                                     | %87,40         |
| Normal            | 960  | 860                                    | 100                                     | %89,58         |
| İyi               | 960  | 804                                    | 156                                     | %83,75         |
| Çok İyi           | 960  | 880                                    | 80                                      | %91,67         |
| Genel Toplam      | 4800                                       | 4250                                   | 550                                     | %88,54         |

Kovan performansı için YSA girişine uygulanan veri seti ile elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’ de verilmektedir. Uygulanan veri seti ağ eğitiminde kullanılan veri setinden farklıdır. Uygulanan toplam 4800 performans örneği için %88,54 başarı elde edilmektedir.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında ileri beslemeli sinir ağı kullanılarak bal arısı kovanının durumu ve performansı tespit edilmektedir. Kovan durumunun tespit edilmesi için arı sesleri, ileri beslemeli YSA' nın giriş parametresi olarak kullanılmaktadır. Kovan durumu tespitinde kullanılan ileri beslemeli YSA çıkışında kovanın normal durumu, kovanın oğul verme dönemi, kovanda iki ana olması, kovan sıcaklığının yüksek olması, kovan sıcaklığının düşük olması, kovan neminin yüksek olması, kovan içerisine duman verilmesi, bal arılarının kek ile beslenmesi durumları tespit edilmektedir.

Kovan performansının tespit edilmesi için kovan içi sıcaklık, ortamın sıcaklığı, kovan içi nem, ortamın nemi, kovan ağırlığı ve zaman verileri ileri beslemeli YSA' nın giriş parametresi olarak kullanılmaktadır. Kovan performansı için kullanılan ileri beslemeli YSA çıkışında kovan performansı, çok kötü, kötü, normal, iyi ve çok iyi olarak tespit edilmektedir. Bu sistemin gerçek zamanlı çalışması ve kovanın durumunu bildirmesi kovanın uzman bir arıcı tarafından sürekli izlenmesi anlamına gelmektedir. Yapay sinir ağı ile kovan durumu %90, kovan performansı %99,9 doğrulukla eğitilmektedir. Kovan durumunun tespit edilmesi için uygulanan toplam 640 durum örneği için %94,06 başarı elde edilmektedir. Kovan performansının tespit edilmesi için uygulanan toplam 4800 performans örneği için %88,54 başarı elde edilmektedir. Kovan durum ve performansını tespit etmek için kullanılan test örnekleri ileri beslemeli sinir ağlarının eğitiminde kullanılan örneklerden farklıdır.

Geliştirilen bu prototip sistem arıcılara kovanlarını açmadan kovanlarının durumu ve performansı hakkında yüksek doğrulukla sonuçlar vermektedir. Ayrıca bu sisteme yazılım ilaveleri ile kovandaki kötüleşmeyi ve parametrelerdeki aşırı değişimleri anında bildirilerek arıcının erken müdahale etmesi sağlanabilir. Oğul verme zamanında arı seslerinden kovandaki diğer yeni ana(ların) tespiti rahatlıkla yapılarak

ođul çıkmadan arıcı bilgilendirilebilir. Arının performansı, bal akışındaki dūşüş göz önüne alınarak arı kovanının mevcut yeri değiştirilebilir. Bu alışma özellikle gezgin arıcılık yapan arıcılara buldukları bölgenin iklim şartlarının, arılar için uygun olup olmadığının belirlenmesinde de rahatlıkla kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Kaya, N., “Arıcılıkta üstte boş ballıkla kışlatmanın kovan içi bağıl nem sıcaklık ve koloninin yaşama gücü üzerine etkileri”, Yüksek Lisans Tezi *Zootekni Anabilim Dalı*, 1-9 (2007).
2. Genç, F., Dodoloğlu, A., “Arıcılığın temel esasları”, *Atatürk Üniversitesi Yayınları*, 2-4 (2003).
3. Wedmore, E. B., “A manuel of beekeeping, for English–speaking bee–keepers 2nd ed.”, *Burrowbridge*, Bridgwater, 234–267 (1976).
4. Soylu, T., Bayır, R., “Bal arısı kovanlarının performans ve durumlarının ileri beslemeli yapay sinir ağları ile tespit edilmesi”, *2. Uluslararası Arıcılık ve Çam Balı Kongresi*, Muğla, 187-196 (2010).
5. İnternet: Arıcılık Araştırma Enstitüsü, “Bal arısı”, <http://www.aricilik.gov.tr/teknikaricilik/balarisi/index.htm> (2010).
6. Goodman, L., “Form and function in the honey bee”, *IBRA – International Bee Research Association*, Cardiff, 154–155 (2003).
7. Root, A.I., “The ABC and XYZ of bee culture”, *A.I. Root Company*, Medina, Ohio, USA, 620-624 (1983).
8. Yıldız, A., “Doğu Akdeniz bölgesinde farklı yükseltilerde kışlatılan bal arısı (*Apis mellifera* L.) kolonilerinde kışlama kabiliyeti ve ilkbahar koloni performanslarının belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi*, Kahramanmaraş, 6-7 (2007).
9. Kraus, B., Velthuis, H. H. W., “High humidity in the honey bee (*Apis mellifera* L.) brood nest limits reproduction of the parasitic mite *Varroa jacobsoni*oud”, *Naturwissenschaften*, 84 (5): 217–218 (1997).
10. Flores, J. M., Ruiz, J. A., Ruz, J. M., Puerta, F., Bustos, M., Padilla, F. and Campano, F., “Effects of temperature and humidity of sealed brood on chalkbrood development under controlled conditions”, *Apidologie*, 27: 185-192 (1996).
11. Schafaschek, T. P., Padilha, M. T. S., dos Santos, I. I., Padilha, J. C. F. and Braga, F., “Effect of food supplementation on the productive and reproductive characteristics of *Apis mellifera* Linnaeus” *Biotemas*, 21 (4): 99-104 (2008).

12. Struye, M. H., Mortier, H. J., Arnold, G., Miniggio, C. and Borneck, R., "Microprocessor-controlled monitoring of honeybee flight activity at the hive entrance", *Apidologie*, 25: 384-395 (1994).
13. Winston, M. L., "The Biology of the Honey Bee", *Harvard University Press*, USA, 181-199 (1987).
14. Ferrari, S., Silva, M., Guarino, M., and Berckmans, D., "Monitoring of swarming sounds in bee hives for early detection of the swarming period," *Computers and Electronics in Agriculture*, 64: 72-77 (2008).
15. Meitalovs, J., Histjajevs, A. and Stalidzans, E., "Automatic microclimate controlled beehive observation system", *Engineering For Rural Development*, Jelgava, 265-271 (2009).
16. Spangler, H. G., Buchmann, S. L. and Thoenes, S. C., "Acoustical monitoring of honey bee swarms taking flight", *American Bee Journal*, 130: 813-814, (1990).
17. Spangler, H. G., Buchmann, S. L. and Thoenes, S. C., "Does sound launch honey bee swarms?", *American Bee Journal*, 131: 781-782 (1991).
18. Vancata, O., "Using acoustic technology to monitor your hives", *American Bee Journal*, 135: 615-618 (1995).
19. Kirchner, W. H., "Acoustical communication in honeybees", *Apidologie*, 24: 297-307 (1993).
20. Michelsen, A., Kirchner, W.H. and Lindauer, M., "Sound and vibrational signals in the dance language of the honeybee, *Apis mellifera*", *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 18: 207-212 (1986).
21. Kirchner, W. H., Dreller, C., "Acoustical signals in the dance language of the giant honeybee, *Apis dorsata*", *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 33: 67-72 (1993).
22. Wenner, A. M., "Sound In The Waggle Dance Of The Bee", *Animal Behaviour*, 10: 79-95 (1960).
23. Kirchner, W. H., Dreller, C. and Towne, W. F., "Hearing in honeybees: operant conditioning and spontaneous reactions to airborne sound", *Journal of Comparative Physiology A*, 168: 85-89 (1991).
24. Waddington, K. D., Kirchner, W. H., "Acoustical and behavioral correlates of profitability of food sources in honey bee round dances", *Ethology*, 92: 1-6 (1992).
25. Kirchner, W. H., Dreller, C., "Acoustical signals in the dance language of the giant honeybee *Apis dorsata*", *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 33: 67-72 (1993).

26. Kostrzewa, Z., Chuda-Mickiewicz, B. and Prabucki, J., "Spectrum analysis of the acoustic signal emitted by a bee colony", *Proceedings of the XXXIst International Congress of Apiculture*, Warsaw, Poland, 128-131 (1987).
27. Lefebvre, M. G., Beattie, A. J., "Sound responses of honey bees to six chemical stimuli", *Journal of Apicultural Research*, 30: 156-161 (1991).
28. İnternet: Arıcılık Araştırma Enstitüsü "Arı hastalıkları", <http://www.aricilik.gov.tr/teknikaricilik/hastalik/index.htm> (2010).
29. Sessler, G. M., West, J. E., "Self-biased condenser microphone with high capacitance", *Journal of the Acoustical Society of America*, 34: 1787-1788 (1962).
30. Batar, H., "EEG işaretlerinin dalgacık analiz yöntemleri kullanılarak yapay sinir ağları ile sınıflandırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı*, Kahramanmaraş, 16-18 (2005).
31. Torrence, C., Compo, P. C., "A practical guide to wavelet analysis", *Bulletin of American Meteorological Society*, 79: 61-78 (1998).
32. Roberts, R. A., Mullis C.T., "Digital signal processing", *Addison-Wesley Publishing Company*, USA, 85-86 (1987).
33. Cooley, J. W., Tukey, J. W., "An algorithm for the machine computation of complex Fourier series", *Mathematics of Computation*, 19: 297-301 (1965).
34. Bracewell, R. N., "The Fourier transform", *Scientific American*, June: 62-69 (1989).
35. Öztemel, E., "Yapay sinir ağları", *Papatya Yayıncılık*, İstanbul, 13-35 (2003).
36. Koçak, E., "Olasılık sinir ağı kullanarak alternatör arızalarının tespiti", Yüksek Lisans Bitirme Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 21-28 (2010).
37. Bayır, R., "Yapay zeka teknikleri kullanılarak marş motorlarında hata teşhisi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-55 (2005).
38. Demuth, H., Beale, M. and Hagan, M., "Neural Network Toolbox 6 User Guide" *The Mathworks Inc.*, 5-7 (2009).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Tuncay SOYLU, 1983 yılında İstanbul' da doğdu. İlk ve orta öğretimini İstanbul' da tamamladı. 2007 yılında Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Elektronik ve Haberleşme Programı lisans öğretiminden mezun oldu. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü' nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı' nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü' nde lisansüstü eğitimine devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Karabük Üniversitesi  
Teknik Eğitim Fakültesi  
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel : (0370) 4338200–2385

E-posta : tuncaysoylu@karabuk.edu.tr