

**UZMAN SİSTEM DENETİMLİ ARI KOVANI
TASARIMI**

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

Ahmet ALBAYRAK

UZMAN SİSTEM DENETİMLİ ARI KOVANI TASARIMI

Ahmet ALBAYRAK

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Ocak 2011

Ahmet ALBAYRAK tarafından hazırlanan “UZMAN SİSTEM DENETİMLİ ARI KOVANI TASARIMI” 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. 31/01/2011

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

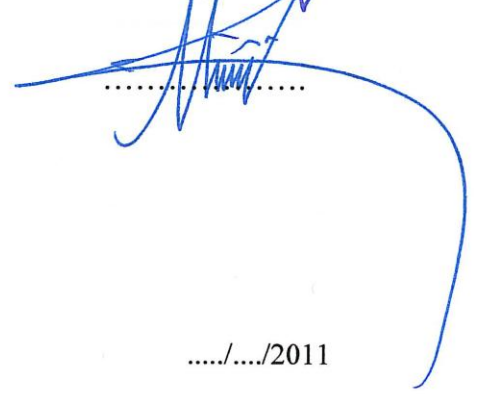
Başkan : Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL (KBÜ)

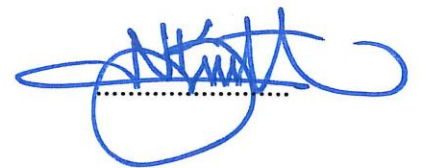


...../...../2011

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.”

Ahmet ALBAYRAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

UZMAN SİSTEM DENETİMLİ ARI KOVANI TASARIMI

Ahmet ALBAYRAK

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Raif BAYIR

Ocak 2011, 72 Sayfa

Bu çalışmada, zayıf ve bakıma muhtaç arı kolonilerinin yaşam ortamlarını iyileştirmek ve koloninin güçlenmesini sağlamak amacıyla uzman sistem denetimli arı kovani gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla tasarlanmış arı kovani; ısıtıcı çerçeve, otomatik şerbetlik sistemi, ağırlık ölçümü sistemi, sıcaklık ve nem ölçümü sistemi ve güneş panellerinden oluşmaktadır. Sıcaklık algılayıcıları ile ölçülen kovan içi sıcaklığı uzman sistem ile arı kolonisi için ideal sıcaklık değerlerine ayarlanmaktadır. Bu sayede ilkbaharda zayıf arı kolonilerinin soğuk nedeniyle ölümlerinin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Kovan içindeki nem oranı algılanarak kovan üzerine yerleştirilen nem alıcı ile arı kolonisi için uygun değerlere uzman sistemle ayarlanmaktadır. Ayrıca yük hücresi ile günlük bal üretimi ve kovan ağırlığı ölçülmektedir. Bu sayede zayıf koloniye gece saatlerinde verilmesi gereken şerbet otomatik olarak verilmektedir. Kovan üzerine yerleştirilmiş olan güneş panelleri ile elektronik sistemin enerjisi sağlanmaktadır. Besleme gerilimi doğru akım (DA) olduğu için arılara herhangi bir zarar vermemektedir. Kovandan ölçülen veriler

kablosuz olarak bilgisayara gönderilmekte ve kaydedilmektedir. Ayrıca bu çalışmada uzman sistem yanında PID (Oransal Integral Türev) ve bulanık mantığın arı kovanlarında denetim amaçlı kullanılabilirliği de test edilmiştir.

Uzman sistem denetimli arı kovanı zayıf ve bakıma muhtaç bal arıları için bir arı kuvözü niteliği taşımaktadır. Ayrıca bu arı kovanı ile gezici arıcılık yapan üreticiler taşındıkları bölgenin bal verimini ve çevre şartlarını izleyip arılar için uygun olup olmadığını rahatlıkla öğrenebilirler.

Anahtar Sözcükler : Zayıf bal arıları, bulanık mantık, arı kovanı üretimi,
güneş panelleri, uzman sistemler, PID kontrol

Bilim Kodu : 702.1.084

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGN OF EXPERT SYSTEM CONTROLLED BEEHIVE

Ahmet ALBAYRAK

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electronic and Computer Education

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Raif BAYIR

January 2011, 72 Pages

In this study, an expert system controlled beehive is designed and produced in order to improve the habitats of weak and in need bee colonies and to ensure their empowerment. A designed beehive consists of a heater frame, an automatic sherbet system, a weight measurement system, a temperature and humidity measurement system and solar panels. The temperature inside the hive which is measured by temperature sensors is adjusted to the ideal temperature values for bee colonies by using the expert system. Thus, in spring due to the cold deaths of weak bees are prevented. Humidity level in the hive is adjusted to the ideal values with the dehumidifier where is placed on the hive using expert system developed. In the same time, honey productions per day and hive weight are measured with loadcell. So that, sherbet must be automatically given to weak colony at nights. Energy of electronic system is ensured the solar panels placed on the hive. Voltage supply is DC (Direct current) so that this voltage does not cause any harm on bees. The data measured of the hive is sent to computer saved by wireless. Also, usability of PID (Propotional

Integrated Derivated) and Fuzzy logic for control purposes on bee hives is tested by the expert system developed.

Expert system controlled beehive has somehow the characteristics of bee incubator for honey bees. In the same time, the mobile beekeepers can examine the region where they move beehives about the efficiency of honey.

Key Words : Weak honey bees, fuzzy logic, bee hive production, solar panels, expert systems, PID control

Science Code : 702.1.084

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütölmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Raif BAYIR'A sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Bal arıları üzerinde bilgi ve tecrübe sahibi olan ve deneyler yaparken tecrübesinden faydalandığım Mesut GÖRÜCÜ'ye, tezin hazırlanmasında bana yardımcı olan Metin KAYNAKLI ve Muammer ALBAYRAK'a teőekkürü bir borç bilirim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgmeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	6
BAL ARILARI VE KOVANLAR.....	6
2.1. BAL ARISI AİLESİ VE AİLE BİREYLERİ.....	7
2.2. BAL ARISI ÜRÜNLERİ	8
2.3. BAL ARISI EKOLOJİSİ VE DAVRANIŞLARI	10
2.3.1. Sıcaklığın Bal Arılarına Etkisi.....	11
2.3.2. Nemin Bal Arılarına Etkisi	12
2.3.3. Işığın Bal Arılarına Etkisi.....	13
2.3.4. Bal Arılarında Topluluk Oluşturma Davranışı ve Sosyal Davranış	13
2.3.5. Bal Arılarında Sosyal Yaşantı	14
2.4. BAL ARISINDA BESLENME VE BESLEME	15
2.5. ARI KOVANLARI	16
BÖLÜM 3.	22
ARI KOVANI DENETİM YÖNTEMLERİ	22
3.1. UZMAN SİSTEM İLE DENETİM.....	22

	<u>Sayfa</u>
3.2. PID DENETLEYİCİ İLE DENETİM	25
3.2.1. Oransal Denetim	26
3.2.2. Oransal Integral Etkili Denetim.....	27
3.2.3. Oransal Integral Türev Etkili Denetim	28
3.3. BULANIK MANTIK İLE DENETİM.....	29
3.3.1. Bulanıklaştırma.....	31
3.3.2. Dilsel Değişkenler	32
3.3.3. Bulanık Çıkarım.....	32
3.3.4. Durulaştırma	33
BÖLÜM 4.	36
UZMAN SİSTEM DENETİMLİ ARI KOVANI TASARIMI	36
4.1. KOVAN AĞIRLIĞI ÖLÇME SİSTEMİ	37
4.1.1. Yük Hücresi	38
4.1.2. Sinyal Yükseltici.....	38
4.2. KOVAN SICAKLIĞI ÖLÇÜMÜ VE DENETİMİ.....	39
4.2.1. Isıtıcı Çerçeve	39
4.2.2. Sıcaklık Algılayıcıları.....	39
4.3. KOVAN NEMİNİN ÖLÇÜMÜ VE DENETİMİ	40
4.3.1. Nem Ölçümü.....	40
4.3.2. Nem Denetimi.....	41
4.4. OTOMATİK ŞERBETLİK SİSTEMİ.....	42
4.4.1. Solenoid Valf	42
4.4.2. Kovan İçi Şerbetlik, Şerbetlik Kabı ve Sürücü Devre	43
4.5. GÜNEŞ PANELİ ENERJİ ÜRETİM SİSTEMİ	44
4.6. VERİ HABERLEŞME SİSTEMİ	45
4.6.1. RF Modüller ve RF İletişim.....	45
4.7. KULLANICI ARAYÜZLÜ VERİ ALMA YAZILIMI.....	47
BÖLÜM 5.	50
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	50
5.1. ARI KOVANI GÖZLEM DENEYİ.....	51

	<u>Sayfa</u>
5.2. ZAYIF BAL ARILARINI BESLEME DENEYİ.....	53
5.3. UZMAN SİSTEM İLE KOVAN İÇİ SICAKLIK VE NEM DENETİMİ.....	54
5.4. PID İLE KOVAN İÇİ SICAKLIK DENETİMİ.....	56
5.5. BULANIK MANTIK İLE KOVAN İÇİ SICAKLIK DENETİMİ	58
BÖLÜM 6.	63
SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	71
EK AÇIKLAMALAR A. DENEY SONRASI ARI KOLONİSİ.....	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Bal arısı vücut kısımları	7
Şekil 2.2. Bal arısı kolonisinde sıcaklığı düşürme faaliyeti	12
Şekil 2.3. Bal arısının nektarın yerini bildirme dansı.....	13
Şekil 2.4. İlkel kovanlar	17
Şekil 2.5. Langroth kovan	18
Şekil 2.6. Dadant kovan	18
Şekil 2.7. Termo kovan	19
Şekil 2.8. Ruşet kovan.....	20
Şekil 2.9. Arı kovanı vantilatör sistemi.....	20
Şekil 2.10. İzleme kovanı.....	21
Şekil 3.1. Uzman sistemin yapısı.	23
Şekil 3.2. Geriye zincirleme.....	24
Şekil 3.3. Geriye zincirleme örnek gösterim.....	24
Şekil 3.4. İleri zincirleme.....	25
Şekil 3.5. Denetim sistemi genel yapısı	25
Şekil 3.6. Açık çevrim denetim sistemi	25
Şekil 3.7. Kapalı döngü denetim sistemi.....	26
Şekil 3.8. Oransal denetleyicili sistemin şematik yapısı.	27
Şekil 3.9. Oransal integral etkili kontrol sisteminin şematik yapısı.....	27
Şekil 3.10. PID kontrolcü şematik yapısı.....	28
Şekil 3.11. Bulanık mantık denetleyici	31
Şekil 3.12. Üyelik fonksiyonları	32
Şekil 3.13. Max – min yöntemiyle bulanık çıkarım	33
Şekil 4.1. Uzman sistem denetimli arı kovanı blok diyagramı	36
Şekil 4.2. Ağırlık ölçüm sistemi.....	37
Şekil 4.3. Sinyal yükseltici.....	38
Şekil 4.4. Isıtıcı çerçeve	39
Şekil 4.5. SHT11 algılayıcısı kılıfı.....	40

Şekil 4.6. SHT11 algılayıcısı.	41
Şekil 4.7. Havalandırma çerçevesinin görünümü.	41
Şekil 4.8. Adım motor sürücü devre şeması.	42
Şekil 4.9. Solenoid valf.	43
Şekil 4.10. Kovan içi şerbetlik.	43
Şekil 4.11. Solenoid vana sürücü devre şeması.	44
Şekil 4.12. Güneş paneli, akü ve şarj düzenleyici.	44
Şekil 4.13. RF iletişim.	45
Şekil 4.14. Mikrodenetleyici RF modem bağlantısı.	46
Şekil 4.15. Bilgisayar tarafındaki alıcı-verici devre şeması.	47
Şekil 4.16. Yazılım ekran görüntüsü.	48
Şekil 4.17. Kullanıcı ayarlı şerbetlik sistemi	49
Şekil 5.1. Deney öncesi arı kolonisi.	50
Şekil 5.2. Deney kovani	51
Şekil 5.3. Kovan ağırlığı	51
Şekil 5.4. Kovan içi ve dış ortam sıcaklığı	52
Şekil 5.5. Kovan içi ve dış ortam nem oranı.	52
Şekil 5.6. Verilen şerbet zaman grafiği.	54
Şekil 5.7. Kovan içi ve dış ortam sıcaklığı	55
Şekil 5.8. Kovan içi ve dış ortam nem oranı	56
Şekil 5.9. PID değerleri.	57
Şekil 5.10. Kovan içi ve dış ortam sıcaklığı	57
Şekil 5.11. Kovan içi ve dış ortam nem oranı	58
Şekil 5.12. Hata giriş üyelik fonksiyonu.	58
Şekil 5.13. Hata değişimi giriş üyelik fonksiyonu	59
Şekil 5.14. DGM değeri çıkış üyelik fonksiyonu.	59
Şekil 5.15. Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları arasındaki ilişki	60
Şekil 5.16. Bulanık mantık çıkış değerleri	61
Şekil 5.17. Kovan içi ve dış ortam sıcaklığı	61
Şekil 5.18. Kovan içi ve dış ortam nem oranı	62
Şekil 6.1. PID ve Bulanık mantık deney sonuçlarının karşılaştırılması.	64
Şekil A.1. Deney sonrası arı kolonisi.	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Yük hücresi teknik özellikleri.....	38
Çizelge 4.2. DGM şarj düzenleyici özellikleri.....	45
Çizelge 5.1. Uzman sistem örnek kuralları	55
Çizelge 5.2. Kural tabanı.....	60
Çizelge 6.1. Uzman sistem deney sonuçları.....	62

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	:	Amper
bar	:	Atmosfer basıncı
dt	:	Zaman sabiti
dk	:	Dakika
e	:	Hata
e(t)	:	Hata değişimi
f	:	Frekans
Hz	:	Frekans birimi (Hertz)
Kp	:	Oransal kazanç katsayısı
Ki	:	İntegral kazancı katsayısı
Kd	:	Türev kazancı katsayısı
Kbps	:	Kilo bit per second
Kg	:	Kilogram
Kb	:	Kilo bit
lt	:	Hacim ölçüsü (Litre)
mA	:	Mili amper
mV	:	Mili volt
mg	:	Mili gram
mm ²	:	Mili metre kare
μ_A	:	A değişkeninin üyelik derecesi
μ_{A1}	:	A1 giriş değişkeninin üyelik derecesi
μ_{B1}	:	B1 giriş değişkeninin üyelik derecesi
μ_C	:	C çıkış değişkeninin üyelik derecesi
μ_{C1}	:	C1 çıkış değişkeninin üyelik derecesi
μ_{C2}	:	C2 çıkış değişkeninin üyelik derecesi
μ_Z	:	Z değişkeninin üyelik fonksiyonu
I	:	Akım

r	:	Referans
\Re	:	Reel sayılar
R	:	Direnç
τ_d	:	Türev katsayısı
u	:	Denetim sinyali
V	:	Volt
y	:	Çıkış
Z_0	:	Duru değeri
W	:	Watt
W_p	:	Watts peak
x	:	Üyelik fonksiyonu orta noktası
$\Psi(s)$:	Aktivasyon fonksiyonu
Σ	:	Toplam fonksiyonu
$\$$:	Amerikan para birimi
τ_i	:	İntegral katsayısı
Ω	:	Ohm

KISALTMALAR

AA	: Alternatif akım
ADC	: Analog to digital converter
DA	: Doğru akım
DGM	: Pulse with modulation (Darbe Genlik Modülasyonu)
HDPE	: High density polyethylene
IR	: Infrared
Mppt	: Maximum power point tracker (Maksimum güç izleyici)
PE	: Polietilen
PID	: Proportional integral derivative (Oransal integral türev)
PMD	: Programlanabilir mantık denetleyicisi
RF	: Radio frequency
TSE	: Türk standartları enstitüsü
TTL	: Transistor-Transistor logic
UV	: Ultraviole
USART	: Universal asynchronous receiver/transmitter

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Arıcılık, tüm yönleri ile tarımsal ve ekonomik bir tarım kolu olup, tarihi milattan önce milattan önce 5000 yıllarına kadar dayanmaktadır. Son birkaç yüzyıl öncesine kadar çok uzun bir süre ilkel olarak yapılan arıcılık, günümüze kadar süren bir gelişme süreci yaşamıştır. Günümüz arıcılığına gelinmesinde; 1787 yılında ana arının havada çiftleştiğinin tespiti, 1845 yılında arı üreme biyolojisinin izahı, 1851 yılında çerçevesel fenni kovanın keşfi, 1857 yılında temel petek kalıplarının bulunuşu, 1865 yılında bal süzme makinesinin icadı, 1882 yılında larva transfer yöntemiyle ana arı yetiştirme tekniğinin keşfi ve 1926 yılında ana arılarda yapay döllemenin bulunuşu gibi gelişmeler katkıda bulunmuştur [1].

Arıcılık bal üretimi yanında; propolis, arı sütü, arı zehiri, polen ve balmumu gibi arı ürünleri de dünya ticaretinde önemli bir yer tutmaktadır. Diğer yandan gelişmiş ülkelerde arıcılık, arı ürünleri üretimi yanında hatta daha önemli olarak, bitkisel üretimde miktar ve kalitenin artırılması amacıyla yapılmaktadır. Bununla birlikte arıcılık, doğa ve çevreye zarar vermeden yapılabilen ender tarımsal faaliyetlerden birisidir. Bu yönüyle de arıcılık geleceğin en önemli sürdürülebilir tarımsal faaliyetlerinden birisidir.

Ekolojik ve topografik yapısı, zengin florası, koloni varlığı ve arılardaki genetik varyasyon bakımından ülkemiz arıcılık için son derece uygun bir konumda olup, dünyadaki ballı bitki türlerinin %75'ine sahiptir. Ülkemizdeki koloni sayısı 5 milyona yaklaşmaktadır. Bal üretimi olarak ise Avrupa ülkeleri arasında ilk sıralarda bulunmaktadır. Kovan başına ortalama bal verimi ise oldukça düşük olup 16.64kg'dır. Bu ortalama dünya ortalamasının yaklaşık 20 kg altındadır [2].

Günümüzde organik besinlere olan talep her geçen gün artmaktadır. Organik besinlerin de bitkilerden elde edildiği ve bu bitkilerin çoğunun da bal arıları

tarafından tozlaşmaya ihtiyaç duyduğu bilinmektedir. Einstein “Arılar olmazsa insan nesli 4 yıl içinde yok olur” sözü arıların bitkileri tozlaştırarak hayatımıza ne kadar büyük destek verdiğini göstermektedir. Gelişmekte olan teknoloji ile iklim değişiklikleri de baş göstermektedir. İklim değişikliklerinden en çabuk etkilenen canlılardan biri olan bal arıları büyük tehlike altındadır. Son on yıldır özellikle Amerika ve Avrupa’da baş gösteren toplu bal arısı kolonisi ölümleri son yıllarda ülkemizde de sıklıkla görülmektedir. Bal üreticilerinin aldıkları önlemler artık istenen sonucu vermemektedir.

Günümüzde küresel ısınma normal iklim döngüsünün bir parçası haline gelmektedir. Aşırı kurak veya aşırı yağmurlu dönemler sıklıkla yaşanır olmuştur. Buna bağlı koloni kayıpları daha çok besin yetersizliği veya beslenme bozukluğu sonucunda şekillenmektedir [3]. Kışın havaların güneşli olması arıları dışarıya çıkmaya zorlamakta ve kışa hazırlıksız yakalanmalarına sebep olmaktadır. Bazı mevsimlerin uzun sürmesi bal arılarının yemek yeme alışkanlıklarını bozmaktadır [1].

Arıların bitkilerin tozlaşmasındaki önemi çok büyüktür [4, 5]. Amerika’da son yıllarda tozlaştırma için kovan kiralari 135 \$ seviyesine hatta American Bee Journal’ın reklamlarında ise 150 \$’a kadar yükselmiştir. Tozlaştırma Amerika Birleşik Devletleri’nde son derece önemli bir sektör haline gelmiştir. Arıcılar, arı ürünlerinden çok tozlaştırmadan gelir elde etmektedirler. Tozlaştırma ile arıların dolaylı yoldan Amerika Birleşik Devletleri tarımına olan katkısı 15 milyar dolar gibi son derece önemli bir rakama ulaşmıştır [6].

Bal arılarının ürettikleri besinler olan bal, arı sütü, balmumu, polen, arı zehiri, probolis gibi besin maddelerinin de insanların hayatında çok önemli yerleri vardır. Bazı ürünler ilaç sanayinde kullanılırken bazıları da içindeki enzimler nedeniyle besin maddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bazı ürünler de kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır. Böylece bal arısı yetiştiriciliğinin büyük bir endüstri haline geldiği görülmektedir.

Günümüzde arılar ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Uygun sıcaklıkta arıların oğul vermeye zorlanabileceği bulunmuştur. Ayrıca mevsimsel olarak arıların

oğul verme zamanları bulunarak yayınlanmıştır [6, 7]. Bir arı kolonisinin yılda en fazla kaç defa oğul vereceği de deneme yapılarak bulunmuştur [8]. Oğul kovandan ayrılırken hangi işçi arıları yanına alacağını nasıl saptadığını anlamak üzere de çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Kovanın oğul çıkarmadan önce ne zaman oğul çıkaracağına dair arıların sesleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda oğul çıkmadan 6 gün önce kovanın ne zaman oğul vereceği tahmin edilebilmiştir [9, 10].

Bal arılarında kuluçkadaki nem oranının düzenlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada, bal arılarının koloni ihtiyaçlarına göre kuluçkanın biyofiziksel yapısının düzenlenmesinde oldukça etkili bir şekilde çalıştıkları ve işçi arıların kovan içi nem oranı üzerinde etkili oldukları belirlenmiştir. Fakat kuluçka nem oranının dengelenmesinde bazı zorlukların bulunduğu, kovan içerisindeki nem miktarının dış hava şartlarından da oldukça fazla miktarda etkilenmekte olduğu ve işçi arıların kovan içi nem miktarını yarı optimum seviyede ancak dengeleyebildikleri saptanmıştır [1].

Araştırmacılar, elektrikli ısıtıcıların kovanların sıcaklık ortalamasını $38,01 \pm 0,77^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselttiğini, işçi arısı fazla olan kovanların sıcaklık ortalaması $40,69 \pm 0,40^{\circ}\text{C}$ iken, işçi arısı az olan kovanların sıcaklık ortalamasının $35,50 \pm 0,69^{\circ}\text{C}$ olduğunu tespit etmişlerdir. Isıtıcı rezistansların kuluçka alanı sıcaklıklarını ise büyük kovanlarda $34,62 \pm 0,08^{\circ}\text{C}$ 'den, $35,90 \pm 0,20^{\circ}\text{C}$ 'ye, küçük kovanlarda ise $28,38 \pm 0,70^{\circ}\text{C}$ 'den, $31,50 \pm 0,81^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselttikleri görülmektedir [11].

İsrail'de Mart 2000-Aralık 2000 tarihleri arasında infrared polietilen (PE) bir örtü ile arı kovanını sararak kışın güneş enerjisi yardımıyla kovanların ısıtılmasını sağlayıp kovan sıcaklığı, koloni gelişimi ve baharda bal üretim miktarlarının belirlenmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Polietilenle kaplı kovanların iç sıcaklıkları, kaplı olmayan kovanlardan gündüzleri $12,2^{\circ}\text{C}$, geceleri ise $1,7^{\circ}\text{C}$ daha sıcak olmuştur. Polietilenle kaplı kovanlardaki kuluçka alanı büyüklüğü ise denemenin yapıldığı dönem boyunca %59,2 daha fazla ($+2290 \text{ cm}^2$) çıkmıştır. Kış periyodunda, ergin arı gelişiminde polietilen ile kaplı olan kovanlarda %37,5'lik bir artış görülürken, kaplı olmayan kovanlarda %11,8'lik bir artış belirlenmiştir. Bahar döneminde PE ile kaplı kovanlar $\pm 20,8 \text{ kg/koloni}$ bal üretirken, kaplı olmayan koloniler yalnızca

$\pm 10,2$ kg/koloni bal üretmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda PE ile kaplı kovanların daha hızlı bir şekilde kuluçka alanı gelişimine, daha fazla ergin arı gelişimine ve daha fazla bal verimine sahip oldukları belirlenmiştir [12].

Sıcaklık ve nem değerlerinin Varrora hastalığı ile ilişkisi üzerine yapılan bir deneyde üç farklı sıcaklık derecesi (20°C, 30°C, 34°C) ve 5 farklı nem oranının (%0, %65, %75, %85, %97)'da çalışılmıştır. Dişi varroraların vücutlarından su kaybının, en yüksek sıcaklık ve en düşük nem düzeyinde maksimum olduğu tespit edilmiştir [13].

Arıların sosyal davranışları dikkate alınarak yapay zeka optimizasyon algoritmaları geliştirilmiştir. Bu amaçla bal arılarının davranışları izlenmiş ve optimizasyon algoritmaları gerçekleştirilmiştir [14, 16, 17]. Bal arısı algoritması ile internet servis sağlayıcı yazılım gerçekleştirmiştir [19]. Ayrıca bal arısı optimizasyon algoritmasıyla bulanık mantık kontrol parametrelerinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir [20]. Arılardan elde edilen ürünlerden biri olan arı sütü hakkında da araştırmalar yapılmıştır [21]. Arı ölümlerinin önemli sebeplerinden olan bakteri ve virüslere ilişkin de çok sayıda araştırma yapılmıştır [22-24]. Arı kolonisinin elektriksel sinyaller ve radyasyon gibi etkenlerden de nasıl etkilendikleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır [10]. Elde edilen verilere göre bal arıları alternatif akımdan (AA) kaynaklanan frekanslardan etkilenmektedirler. Cep telefonu gibi yüksek frekans yayan cihazlardan etkilendikleri tespit edilmiştir. Cep telefonu baz istasyonuna 30 m mesafeye konan arı kovanlarında %30'a varan bal üretimi azalması tespit edilmiştir [25, 26].

Günümüzde sıcaklık izolasyonu yapılmış arı kovanları da geliştirilmiştir [27]. Bal arılarının oğul verme süreci ile ilgilide birçok araştırma yapılmıştır [28]. Arı kovanında sıcaklığı izole ederek %60 ısı kazancı elde edilmiştir. Arı kovanlarında nem ve ısıya bağlı olarak iklimlendirme çalışmaları da yapılmıştır [31]. Bal arıları hakkındaki diğer çalışmalar da özellikle arı hastalıklarıyla ilgilidir. Ülkemizdeki bal arılarını çeşitli zararlı parazitler rahatsız etmektedir. Bu konuda ülkemizde de araştırmalar yapılmaktadır [23, 24]. Ayrıca ısı değişimlerinin arılar üzerindeki etkisi araştırılmış ve arıların çevrenin ısı değişimlerine çok çabuk tepki verdiği saptanmıştır. Arı üreticilerine gezgin arıcılık dahil çeşitli öneriler sunulmuştur [32].

Bu çalışmada ise zayıf ve bakıma muhtaç arı kolonilerini güçlendirmek ve güçlü bir koloniye dönüştürmek için kovan tasarımı yapılmış ve kovan içi sıcaklık ve nemi uzman sistem ile kontrol edilmektedir. Giriş bölümünde bu konuda yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde bal arıları, bal arısı ürünleri, bal arısı kolonisine etki eden sıcaklık ve nem parametrelerinden bahsedilmektedir. Ayrıca zayıf arılar için beslenmenin önemi açıklanmaktadır. Arı kovanları hakkında da bilgi verilmektedir. Üçüncü bölümde kovanın denetimi için kullanılacak olan uzman sistem, PID algoritması ve bulanık mantık denetim sistemlerinden bahsedilmektedir.

Dördüncü bölümde üzerinde deney yapılacak olan ve arıcılara bir öneri olarak sunulan kovan tasarımından bahsedilmektedir. Ayrıca kovandan verilerin bilgisayar ortamına nasıl alınacağı ve kullanıcı arayüzlü yazılım açıklanmaktadır.

Beşinci bölümde zayıf arılar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar verilmektedir. Bu bölümde ayrıca otomatik olarak arılara şerbet vermenin nasıl yapıldığı açıklanmaktadır.

Son bölümde ise yapılan deneylerin sonuçlarından arı kovanı içi sıcaklığının ve neminin denetlenebilir olduğu açıklanmaktadır. Ayrıca bu konuda bundan sonra yapılacak çalışmalar hakkında öneriler sunulmaktadır.

BÖLÜM 2

BAL ARILARI VE KOVANLAR

İnsanlar uzun yıllardan beri arı kolonilerini yöneterek, elde ettikleri ürünleri sağlıklı yaşam için gerekli olan besinler zincirine eklemişlerdir. Diğer taraftan, bal arılarının bitkiler ile karşılıklı fayda ilişkisinden yararlanarak, zirai ürünlerin çiçeklerinin tozlaşmasını sağlayarak, daha fazla, kaliteli meyve, sebze ve tohum üretmişlerdir. Bal arılarını diğer ürünlerinden faydalandığımız hayvanlardan ayıran en büyük özellik sosyal hayvan olmalarıdır. Bu özellikleri çeşitli bilim dallarında çalışan araştırmacıların dikkatini üzerlerine çekmesine neden olmaktadır [33].

Bal arısına ilk olarak 1758 yılında Linnaeus tarafından “bal taşıyan arı” anlamında *Apis Mellifera* adı verilmiştir. Bilinen ilk arı fosili 40 milyon yıl önce Eosen döneminde Baltık Amber’de bulunmuştur [34].

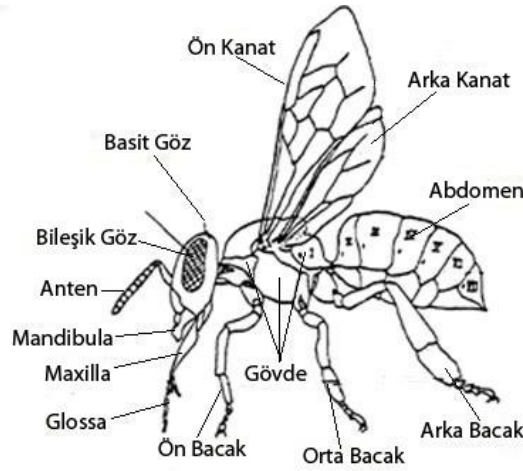
Dünya üzerinde çok sayıda bal arısı ırkı bulunmaktadır. Bu ırklar buldukları çevre koşullarına uyum sağlamışlar, farklı morfolojik, davranış ve verim özellikleri ile çeşitlilik göstermişlerdir. Amerika ve Avustralya kıtaları bal arıları ırklarıyla 1800’lü yıllarda insanlar yoluyla tanışmışlardır. Ekolojik ve coğrafi özelliği nedeniyle ülkemiz binlerce yıldır birçok bal arısı ırkını ve ekotiplerini bünyesinde barındırmaktadır. Yerli ırklara sahip olması nedeniyle ülkemiz arıcılığının yapısı sadece Türkiye için önemli olmayıp bütün dünya için önemli bir konumdadır. Bunlar Anadolu arısı (*Apis mellifera anatolica*); Kafkas arısı (*Apis mellifera caucasica*), İran arısı (*Apis mellifera meda*), Suriye arısı (*Apis mellifera syriaca*), ve Korniol arısı (*Apis mellifera carnica*)’dır [33].

Apis mellifera cinsi dışındaki arı türleri, yaban arıları olarak tanımlanmaktadır. Bunların yeryüzünde 25.000 kadar türü vardır. Ülkemizin iklim koşulları, topografik yapısı ve coğrafi konumu, bitki örtüsünü zengin kıldığı gibi, buna bağlı olarak arı

faunasının da fazla olmasına imkan sağlamıştır. Dünyanın arı faunası yönünden en zengin yöreleri arasında yer alan ülkemizde 2000 civarında yaban arı türünün mevcut olduğu tahmin edilmektedir [35].

2.1. BAL ARISI AİLESİ VE AİLE BİREYLERİ

Sosyal böcekler olarak, topluluk yaşamı sürdüren bal arıları herhangi bir yuvada aile (koloni) oluştururlar. Aile yaşamında iş bölümü, yardımlaşma ve çalışkanlık temel kurallardır. Bir bal arısı ailesi, birinin görevini diğerinin yapamadığı morfolojik ve fizyolojik özellikler bakımından farklı üç değişik bireyi içerir. Bunlar; 1 adet ana arı, sayıları mevsimlere göre değişen işçi arı ve erkek arılardır. Bu üç bireyin vücutları baş, göğüs ve karın olmak üzere üç bölüm içerir. Bu bölümlerde bireylerin görevleri ile ilişkili olarak farklı organlar bulunmasına karşın Şekil 2.1’de üç bireyde de ortak olan organlar verilmektedir [36].



Şekil 2.1. Bal arısı vücut kısımları.

Üreticiler arasında “Bey” ya da “Ana” olarak bilinen ana arı, ana arı hücrelerine bırakılan dömlü bir yumurtanın larva döneminde, işçi arı olacak larvaya göre daha sık ve daha zengin gıda (arı sütü) ile özel beslenmesi sonucunda yumurtadan yetişkine toplam 16 günde oluşur. Çıkışı sonrası yaklaşık 1 hafta içinde erkek arı toplanma alanı denilen özel bir alanda ve mutlak surette havada, 10-30 metre yükseklikte, 10-20 arası erkek arı ile çiftleşir. Çiftleşme sonrası 3-4 gün içinde yumurtlamaya başlar. Tek görevi olan yumurtlaması sayesinde koloninin sürekliliğini devam ettirir.

Kaliteli ve genç bir ana arı, diğerkovan içi ve kovan dışı şartlar da elverişli ise günde 2000 dolayında yumurta yumurtlayabilir. Ana arının yumurtlamasında öncelikle kendi kalitesi olmak üzere; kolonide yeterli besinin mevcudiyeti, koloninin gücü, hava sıcaklığı ve nektar akışı gibi şartlar etkili olmaktadır. Bu şartlardan biri veya birkaçı eksik olduğunda en kaliteli ana arı bile yeterli miktarda yumurtlayamaz. Kalite ve yaşlılığa bağlı olarak ana arının yetersiz yumurtladığı her gün, binlerce işçi arı ve kilolarca bal kaybı demektir [36].

Yumurtadan yetişkine toplam 21 günde oluşan işçi arılar koloni için gerekli olan tüm işlerin yerine getirilmesinden sorumludurlar. İlkbaharla sonbahar arasındaki aktif dönemde ömürleri yaklaşık 42 gün olan işçi arılar birinci 21 günde kovan içinde iç hizmet arısı olarak; temizlik, yavrunun ve ana arının beslenmesi, arı sütü salgılama, balın olgunlaştırılması, mum salgılayarak petek örme ve kovan girişinde bekçilik gibi görevleri üstlenirler. Çıkıştan sonraki ikinci 21 günde ise dış hizmet arısı olarak; nektar, salgı, polen, su ve propolis toplarlar. Ancak kolonideki tüm işlerin eksiksiz yapılabilmesi bakımından kolonide aynı anda ve belli bir denge içinde, hem kovan içi hizmetle görevli genç hem de kovan dışı hizmetle görevli yaşlı işçi arılara ihtiyaç duyulur [36].

Yeni yetiştirilen ana arılarla çiftleşmeleri dışında herhangi bir görevleri olmayıp hazır tüketici konumundadırlar. Bu yüzden görevleri gereği ilkbaharda ana arı ve işçi arıların aksine, ana arının dölsüz yumurtlaması sonucu yumurtadan yetişkine 24 günde oluşurlar. Oğul mevsiminin bitmesini takiben görevleri de bitmiş olacağından, yazın ve erken sonbaharda işçi arılar tarafından kovan dışına atılarak ölüme terk edilirler. Erkek arılar zehir bezi ve iğne gibi organlara sahip olmadığından kendilerini savunamazlar.

2.2. BAL ARISI ÜRÜNLERİ

Dünya genelinde en çok üretilen ve ticareti yapılan temel arı ürünü baldır. Bunun yanında bal mumu, polen, arı sütü ve propolis gibi arı ürünleri de dünya ticaretinde önemli yer tutmaktadır. Bir diğerkarı ürünü olan arı zehrinin üretim ve tüketimi diğerkarı ürünlerine göre oldukça sınırlıdır [36]. Genel olarak bal; %80 şeker ve %17 su

içerir. Geriye kalan %3'lük kısım mineral maddeler, amino asitler, renk maddeleri, vitamin ve enzimlerden oluşur. Balı diğer şekerli maddelerden daha değerli kılan içerdiği enzimlerdir. Enzimler yüksek sıcaklıklarda tahrip olacağından bal yüksek sıcaklıklarda ısıtılmamalıdır. Bal ilaç kalıntısı içermemelidir. İster süzme ister petek hangi tür bal olursa olsun, ilaç kalıntısı içermeyen ve belli oranlarda enzim bulduran bütün ballar kaliteli ve değerlidir. Balın tanımında da bahsedildiği üzere, toplandığı bitkiye bağlı olarak bal, zamanla kristalize olabilir. Balın kristalize olması doğal bir olaydır [36].

Balmumu, 13-18 günlük genç işçi arıların son 4 çift karın halkaları üzerinde bulunan mum salgı bezlerinden salgılanan ve arı tarafından petek yapımında kullanılan bir maddedir. Balmumu, ağırlıklı olarak temel petek yapımı yanında, kozmetik ve ilaç sanayinde, parlatma, cilalama, su geçirmezliğin sağlanması, kalıpcılık ve dişçilik gibi çok değişik alanlarda kullanılmaktadır. Arının 1gr balmumu üretebilmesi için yaklaşık 10gr bal yemesi zorunludur. Bu nedenle koloninin gelişebilmesi, bir diğer ifadeyle, arıların petek örebilmesi ya da temel petekleri kabartabilmesi için; kolonide bol miktarda uygun yaşlı genç işçi arıların mevcudiyeti, kolonide yeterince bal bulunması veya nektar akımının varlığı ya da kolonilerin şeker şurubuyla beslenmesi gereklidir. Hastalıklı ve zayıf koloniler balmumu üretmediğinden ve gelişemediğinden bu tür kolonideki petekler zamanla siyahlaşır. Tam tersine, sağlıklı ve güçlü kolonilerde mum salgılama ve petek örme süreklilik kazanır. Kolonideki yeni örülmüş beyaz petekler ve çerçeveler arasındaki beyaz bağlantılar sağlıklı ve gelişen bir koloninin tipik belirtileridir [36].

Polen arıların gelişmelerinde ve görevlerini yapabilmelerinde hayati öneme sahip bir maddedir. Şayet kolonide polen yoksa yavru gelişimi durur, kolonide büyük bir panik başlar. Bilindiği üzere arılar enerji ihtiyaçlarını baldan karşılarken, ihtiyaç duydukları diğer tüm maddeleri (amino asit, vitamin, mineral madde gibi) polenden karşılarlar. Polen, insan sağlığı ve beslenmesi yönünden gerekli tüm amino asitleri, vitaminleri, mineral ve diğer maddeleri bir denge içinde bulduran doğadaki tek ve en zengin besindir. Bu yönüyle polen hem dünyada hem de ülkemizde; vücut direncinin arttırılması ve korunmasında, gelişme bozukluklarının düzenlenmesinde, özellikle prostat ve karaciğer problemlerinin giderilmesinde sporcular, yetişkinler ve

çocuklar tarafından kullanılmaktadır. Polenin sabahları kahvaltıdan önce aç karnına alınması tavsiye edilmektedir. Günlük doz kişiye ve vakaya göre değişmekle birlikte genel olarak; 3-5 yaş arası çocuklar için 5-10gr ve 6-12 yaş arası çocuklar için 10-15 gr, yetişkinler için 15-20gr olabilir [36].

Arı sütü, 6-12 günlük genç işçi arıların başlarındaki salgı bezlerinden salgılanan, besin değeri oldukça yüksek, beyaz renkli, peltemsi, hafif acımtırak bir arı ürünüdür. Bugün için hem dünyada hem de ülkemizde insan sağlığında bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi ve korunmasında kullanıldığı gibi kolesterol ve tansiyon düşürmede, cinsel fonksiyonları iyileştirmede, hücre yenileyici ve onarıcı etkisinden dolayı cilt ve saç problemlerinde kullanılmaktadır. Mutlak surette soğuk ortamlarda saklanması gereken arı sütünün tüketimi; sabahları aç karnına, kahvaltıdan yarım saat önce ve tahta bir küçük kaşık yardımıyla saf olarak dilaltından alınması şeklinde tavsiye edilmektedir. Yetişkin bir insanda günlük doz 500 mg olabileceği gibi vücut ağırlığının her kg'ı için 3 mg olarak da hesaplanabilir [36].

Propolis işçi arılar tarafından ağaçlardan toplanan ve yine işçi arılar tarafından kovanda çatlak yerlerin kapatılmasında, kovana giren ve ölen yabancı böceklerin kokuşmasının önlenmesinde, petek hücrelerinin ve kovan iç cidarının parlatılmasında ve yavru alanlarının hastalıklardan korunmasında kullanılır. Bileşiminde reçine, polen, balmumu, eterik yağlar, değişik organik ve inorganik bileşikler vardır. En basit ham propolis üretimi, kovanda, giriş deliği ve çevrelerde toplanan propolisin kazanması şeklinde yapılır. Arı zehiri, işçi arılarda zehir bezi tarafından arının çıkışından 20 günlük oluncaya kadarki sürede üretilip zehir torbasında depolanan bir maddedir. Arı zehiri, arı tarafından düşmana karşı savunma amacıyla kullanılırken tıp alanında, arı zehirine karşı bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi ve romatizmal hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır [36].

2.3. BAL ARISI EKOLOJİSİ VE DAVRANIŞLARI

Canlılar içinde buldukları çevrede fiziksel ve kimyasal koşulların etkisinde kalmaktadırlar. Böcekler ve bal arıları üzerine etki eden canlı ve canlı olmayan çeşitli faktörler vardır.

2.3.1. Sıcaklığın Bal Arılarına Etkisi

Bal arıları değişken sıcaklıklı hayvanlar oldukları için vücut sıcaklıkları çevre sıcaklığından etkilenmektedir. Sosyal yaşamı tercih eden arılarda yuva, çevredeki ısı iletimine karşı değişik şekillerde yalıtılmıştır. Yuvanın yapısı ile ilgili düzenlemeler fiziksel sıcaklık düzenlemeleri iken, bal arılarında kimyasal sıcaklık düzenlemeleri de görülmektedir. Yazın sıcak aylarında kovanın sıcaklığı 30–34 °C arasındadır. Bu sıcaklıkta yavrular en iyi şekilde gelişmektedir. Sıcaklığın yükseldiğı zamanlarda, çıkış deliğı ile kovan arasında hava akım oluşturmak üzere kanatların çırpılmasıyla, daha yüksek sıcaklıklarda ise dışarıdan getirilen suyun buharlaştırılması suretiyle kovan içi sıcaklığı düzenlenmektedir. Yine kışın soğuktan korunmak amacıyla salkım oluşturmaktadırlar. Salkımın dışında sıcaklık 8–9 °C'nin altına düştüğünde işçi arılar abdomenleri ile kanatlarını titreştirerek kaslarındaki ısı verimini yükselterek salkımda istenilen sıcaklığa ulaşmaktadırlar. Salkımın merkezindeki sıcaklık 30°C civarında olmaktadır. Kovanda kış için yeterli besin bulunduğunda soğuğa dayanabilmektedirler. Çünkü ısıyı, bal yiyerek oluşturmaktadırlar. Sıcaklığın artması aniden değil geçişli bir şekilde olmaktadır [34].

Bal arılarında kovan içi aktiviteler dâhil kovan dışı aktiviteler de sıcaklığa bağlı olarak olmaktadır. Örneğın 20°C'de uçuşa çıkmaktadırlar. Mum salgılama ve petek örmek için 33–34°C 'lik sıcaklık gerekmektedir. Genel olarak arıların normal aktiviteleri için uygun sıcaklık 21–35 °C arasındadır. Bununla birlikte 10°C'nin altında ve 37–38°C 'nin üstündeki sıcaklıklarda arıların faaliyetleri durmaktadır. 7°C'de ise hiç hareket etmemektedirler. Sıcaklık 14°C 'ye düştüğünde kümeleşmeye başlamakta, 10°C civarında salkım oluşturmaktadırlar. Genel olarak salkım dışındaki sıcaklığın 7°C 'nin altına düşmesine izin vermezler. Kovandaki arı mevcudu ne kadar fazla ise ısı ayarlanması o ölçüde kolay olmaktadır. Sıcaklığa bağlı olarak değişen davranışlar ekotiplere göre farklılıklar gösterebilir [34].

Şekil 2.2'de aşırı sıcaklık bulunan kovanda arılar kovanın yüzeyine dağılarak havalandırma yapmaktadır. Havalandırma yapan arılar kovan çıkış deliğında yan yana dizilerek yelpazeleme yapmaktadırlar. Bu arıların bir kısmı uçuş deliğinin dış

tarafında ve uçuş tahtası üzerinde başları kovan giriş deliğine dönük olarak kanat çırpılmaktadırlar. Böylece içerdeki sıcak hava dışarı sürüklenirken aynı zamanda içeriye de hava pompalanmakta ve sürekli bir hava akımı sağlanmaktadır. Sıcaklığın düşürülmesi ve kovanın havalandırılması başarılmazsa arılar kovanın dış yüzeyini sararak yuvalarını sıcaklığın kötü etkilerinden korunmaktadırlar [34].



Şekil 2.2. Bal arısı kolonisinde sıcaklığı düşürme faaliyeti.

2.3.2. Nemin Bal Arılarına Etkisi

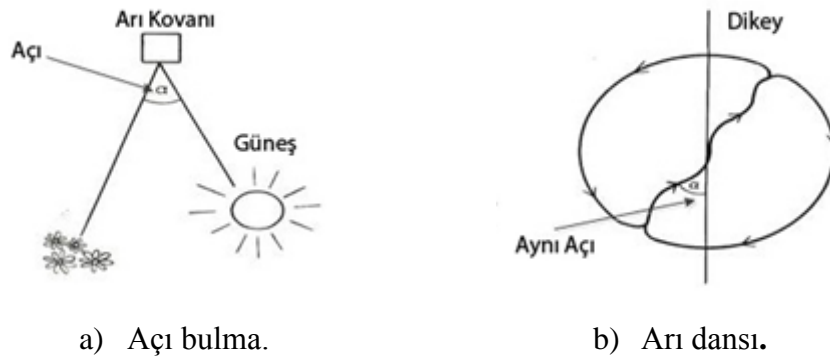
Su, sıcak havalarda kovan ısısının ayarlanması ve larvalara yedirilecek besinlerin ıslatılması için nektarın bol olmadığı zamanlarda, nemli topraktan, dere, çay, pınar gibi kaynaklardan, göl, havuz ve arılığa yerleştirilmiş sulaklardan kovana taşınmaktadır. Hava sıcaklığının çok yüksek olduğu dönemlerde kovanda peteklerin üst kısmında depolanan su sıcak hava ile temas edince buharlaşmakta ve soğuyan hava nem oluşturarak aşağıya inmekte ve kovan soğutulmuş olmaktadır [34]. Bal arıları, yüksek CO₂ (Karbon Dioksit) konsantrasyonlarında kendilerini uyararak reseptörlere sahiptirler. Bu reseptörler kovan içerisindeki CO₂ yoğunluğu artınca arıları uyararak fanlama işleminin başlatılmasını sağlarlar. Fanlama işlemi kovan içinde en etkili havalandırma mekanizmasıdır. İşçi arılar küçük bir uçuş deliği önünde yaptıkları fanlama işlemi ile tüm kovan içerisindeki havayı kontrol edebilmektedirler. Havalandırma işlemi, kovanın iç sıcaklığı ile nem dengesini koruyarak, solunum sonucunda ortaya çıkan zehirli gazların dışarı atılmasını sağlar. Kireç ve taş gibi mantari enfeksiyonlardan bal arılarını korumak için de kovan içi nem oranının aşırı yükselmesini engelleyici tedbirler alınmalıdır [1].

2.3.3. Işığın Bal Arılarına Etkisi

Besin bulma, çiftleşme ve yumurta bırakma gibi faaliyetlerin yapılmasında ışığın yaşamsal önemi vardır. Etki bir günde alınan ışık süresine göre gelişme ve işlevlerde meydana gelen değişiklikler şeklindedir. Arılarda zaman anlayışı ile yapılan çalışmalar arıların zamanı çok iyi belirleyebilme özelliğine sahip olduğunu göstermiştir. Nitekim arılar, bazı bitki türlerinin günün belirli saatlerinde nektar ve polen verebildiklerini bilmekte ve sadece bu saatlerde o bitkilere uçuş yapmaktadırlar. Erkek arılar günün belli saatlerinde uçuşa çıkmakta ve çiftleşme için belirli toplanma bölgelerine uçmaktadırlar. Bakıcı arılar larvalara zamana (yaşa) bağlı olarak bir beslenme programı uygulamaktadırlar [34].

2.3.4. Bal Arılarında Topluluk Oluşturma Davranışı ve Sosyal Davranış

Toplu halde yaşamının sosyal yaşamda bazı faydaları vardır. Özellikle sıcaklık ve nemin ayarlanmasında katkıları büyüktür. Her bir bal arısının çıkardığı ısı toplandıkları çevrenin sıcaklığının yükselmesine ve kışın oluşturulan salkımda bir mikro klimanın oluşmasına yardım etmektedir. Şekil 2.3’de arıların dansı ve açığı bulma verilmektedir [34].



Şekil 2.3. Bal arısının nektarın yerini bildirme dansı.

Besin kaynağını diğer işçi arılara bildirme daireler şeklinde dans yapma ve abdomenini titretme şeklindedir. Kovandan 100m kadar uzaklıktaki besin kaynakları bir sağa bir sola yarım daire çizmek suretiyle bildirilmektedir. Kaynak 200m

uzaklıkta ise abdomenlerini 15 saniyede 10 kez sağı ve sola sallamalarıyla, 1000m uzaktaysa 15 saniyede 5 defa sallamalarıyla, 2000m uzaktaysa ortalama 3.5 çember oluşturarak ve 300m'den uzaktaysa 15 saniyede 3 dans hareketi yaparak bildirmektedirler. Böylece besin kaynağı konusunda abdomenin sallanması ile çemberlerin oluşturulma hızı orantılı olmaktadır. Besin kaynağı hakkında ayrıntılı bilgi besin kaynağının kovana göre hangi yöne düştüğünün güneş ışınları kullanılarak anlatılmasıdır. Bu kaynağın yönünün bildirilmesi de abdomenin sallanmasıyla bildirilmektedir. Arılar kovandan çıkıp tekrar dönmek istediklerinde yuvalarını kovanın güneş ile olan açısını ölçmek suretiyle bulmaktadırlar. Bu nedenle kovan yeri değiştirildiğinde bulmakta zorluk çekmektedirler. Kapalı havalarda bile güneş ışınlarının yönünü saptayabilmektedirler. Çünkü özelleşmiş göz yapıları polarize güneş ışığını saptayabilmektedir.

Besinin yeri tarif edilirken güneş ve besin kaynağının kovana göre oluşturdukları açılar kullanılmaktadır. Yarım dairelerdeki ara kesitler bu açıya denk gelmektedir. Besin kaynağı güneş ile kovan arasındaki bir çizgide yer alıyorsa yapılan dansa karşılıklı yarım dairelerin kesiti (orta çizginin yönü) tam yukarı gelmektedir. Besin kaynağının yeri yine güneş ve kovan doğrultusunda ancak arka tarafta ise dans öncekiyle aynı olmakta ve arakesitin yönü yukarı doğru olmaktadır. Ancak birinci durumda dansa başlayan arının başı yukarı gelecek şekilde, ikinci durumda ise arının başı aşağı doğrudur. Besin kaynağı güneş kovan doğrultusunun sol tarafında ise ve bu doğrultuya 60° açı yapıyorsa arı dansa sol tarafa 60° eğimli olmak üzere ve başı yukarı gelecek şekilde başlamaktadır. Diğer bir durumda besin kaynağı kovan–güneş doğrultusunun 120° sağ tarafında ise arı doğrultu ile 120° açı yapacak şekilde başı aşağı doğru dansa başlamaktadır [34].

2.3.5. Bal Arılarında Sosyal Yaşantı

Bal arılarında sosyal yaşantı yaşamlarının belirli dönemlerini kovan içinde ve dışında değişik işleri yaparak geçiren dişi işçilerden, yalnız üreme ve yumurtlama görevi olan ana arıdan ve zamanla sayısı değişen üremede rolü olan erkek arıdan oluşmaktadır. Sosyal yaşantı olarak çiftleşme davranışı ele alınırsa bu olay yerden 10–15m yüksekte bir kraliçe arının yaklaşık 15 erkek arı ile ilişkiye girmesiyle

olmaktadır. Erkek arı çiftleşme davranışından hemen sonra ölmektedir. Çünkü abdomeni ve cinsel organı kopmaktadır. Çiftleşme genetik çeşitlilik korunsun diye genelde diğer kovanlardaki erkek arılarla olmaktadır.

Bitkilerde tozlaşmayı sağlayan en önemli etkenlerden olan bal arıları nitelik ve nicelik yönünden ürünün üstün olmasını sağlamaktadır. Dünya genelinde insan gıdasının %90'ının 82 bitki türünden elde edildiği ve bunlardan (%77) 63 türün tozlayıcılarının arılar olduğu bilinmektedir [37].

2.4. BAL ARISINDA BESLENME VE BESLEME

Bal arıları yaşamak için ihtiyaç duydukları enerjiyi besin maddelerinden elde etmektedirler. Bal arılarının beslendiği besin maddeleri nektar ve polendir. Bal arılarında çevre sıcaklığına bağlı olarak vücut sıcaklığı ve metabolizma hızı artmaktadır. Çevre sıcaklığı düştüğünde ısı kaybını karşılamak, yükseldiğinde ise sıcaklığı düşürmek için enerji harcanmaktadır. Metabolik hızın düşmesiyle kandaki şeker seviyesi de düşmektedir. İşçi arıların kanlarındaki ortalama şeker oranı %2'dir. Aktiviteye bağlı olarak %4,4'e kadar çıkabilmektedir [34].

Yumurtadan çıkan bal arısı larvaları belirli fizyolojik yaştaki genç işçi arılar tarafından hazırlanan besinlerle beslenmektedirler. Bu besin maddeleri larvaların gelişimi için gerekli besin maddelerini içermektedir. Besleyici arılar tarafından üretilen larva gıdası arıların kalıtsal karakterlerinin ortaya çıkmasında ve ana arı-işçi arı farklılaşmasında önemli rol oynamaktadır [34].

Ana arı larvası sürekli olarak ve bol miktarda arı sütü ile beslenmektedir. Larva besinindeki su miktarı işçi arılarca belirlenmektedir. Bu durum larvanın alacağı besin miktarını belirlemektedir. Yüksek düzeyde besin tüketimi ana arı, düşük düzeyde besin tüketimi ise işçi arı meydana getirmektedir. Erkek arı ve işçi besinleri fizyolojik gelişim olarak benzer etkiler göstermektedir [34].

Nektar, arılar tarafından bitkilerden toplandıktan sonra fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğratarak bala dönüştürülmekte ve petek gözlerinde depolanmaktadır.

Nektar ve bal enerji ihtiyacı için kullanılmaktadır. Arılar sadece bal yiyerek yaşamlarını sürdürebilmekte, ancak genç arıların büyümesi, dokuların, kasların ve salgı organlarının gelişebilmesi için polene ihtiyaç duyulmaktadır. Polen protein, vitamin, yağ ve mineral ihtiyacını karşılayan doğal bir gıda maddesidir. Kovan içerisinde ne kadar bal olursa olsun polen bulunmadığı sürece yavru üretimi ve buna bağlı olarak koloninin gelişmesi durmaktadır. Buna karşılık petek gözlerinde ne kadar polen olursa olsun kovanda bal yok ise, dışarıdan nektar gelmiyorsa veya koloni beslenemiyorsa arılar açlıktan ölmektedir. Bal arısı kolonilerini beslemenin iki önemli nedeni vardır. Bunlar; arıların gıda yetersizliğinden ölmelerini engellemek ve ana arının yumurtlaması için teşvik etmektir. Ayrıca ilkbaharın geç geldiği ya da nektar akımı süresince uçuş yapamadıkları kötü hava şartlarında, kıtlık dönemlerinde veya nektar akımının zayıf ve yetersiz olduğu dönemlerde, arıların kendi yiyeceklerini depolayamadıkları veya kış yiyeceklerinin yetersiz olduğu yıllarda, yeni alınan doğal oğulların yiyecek ihtiyaçlarını karşılamak için, zayıf ve anasız kolonilerin birleştirilmesi için, çeşitli tarımsal ürünlerin döllenmelerinde kullanılan, dolayısıyla fazla nektar ve polen toplamayan kolonilerin yiyecek ihtiyaçlarını karşılamak için, tarımsal mücadele alanlarında kullanılan zehirli ilaçların doğuracağı arı kayıplarını ortadan kaldırmak veya dengelemek ve kolonilerde hastalıklar ile mücadele ilaçlarının kolay uygulanabilirliği için ek besleme gereklidir. Koloninin şurupla beslenmesi ana arıda yumurtlama isteği ve kolonide yavru yetiştirme faaliyetinin başlaması için ilk uyarıyı meydana getirmektedir. Hazırlanan yeme %10–20 düzeyinde polen ilavesi yapıldığında hazırlanan besin arılar için cazip hale gelmekte ve tüketimi daha kolay olmaktadır [34].

2.5. ARI KOVANLARI

Arı kovanı, arıcılıkta balarısı kolonilerinin beslenmesi ve bakımı için kullanılan arı yuvasıdır. Standart kovanlarda malzemeler birbirine uygun ve arıcının sürekli kontrol edebileceği şekilde yapılır. Kovanın üst kısmında açılabilen kapak, içinde temel petek takılan çerçeveler vardır. Arılar bu temel peteği kabartarak çerçevelerin üzerinde yaşarlar. Arıcı bu çerçeveleri dışarı çıkartarak koloninin ihtiyaçlarını kontrol eder ve bakımını yapar. Modern arıcılık yapılan arı kovanları ve ilkel arıcılık yapılan arı kovanları diye arı kovanları iki başlık altında incelenebilir.

İlkel kovanlar günümüzde ticari olarak kullanılmamaktadırlar. Şekil 2.4'de çeşitli ilkel kovanlar verilmektedir. Bu kovanlarda hastalık olma ihtimali daha fazladır. Petekleri arılar kendileri ördükleri için bal verimi de oldukça olmaktadır. Kovan istenildiği gibi açılıp incelenememektedir. Buda üreticinin arı kovanı hakkında yeterli bilgi edinmesini engellemektedir. Isı yalıtımı olmadığı için ani sıcaklık değişimlerine korumasız kalmaktadır.

İlkel kovanlar halk arasında kara kovan olarak bilinen kovanlar ve ağaç kütükleri ile yapılan basit kovanlardır. Bu tür kovanlar ise gezgin arıcılık için uygun değildir. Bal kovandan petekler kesilerek alınır. Kovan içerisindeki petekler arılar tarafından örülür. Bal verimi oldukça düşüktür.



a) Kütük kovanlar.



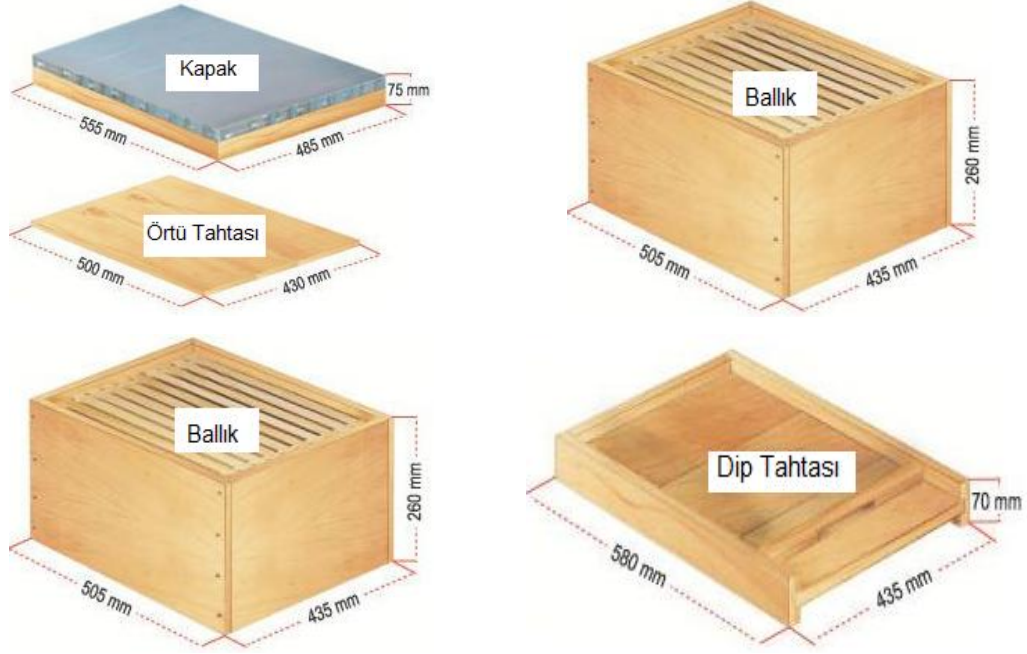
b) Sepet kovanlar.

Şekil 2.4. İlkel kovanlar.

Modern arıcılıkta kullanılan arı kovanları ise Langstroth, Dadant ve Strafor kovanlardır. Bu kovanlar gezgin arıcılık yapmaya uygun olarak üretilmişlerdir. Bu üç tür kovan için taşıyıcı kovanlar, kuluçkalık kovanlar, ballıklar vs. amaca yönelik arı kovanları tasarlanmıştır. Kovan istenildiği gibi açılabilir. Bal hasadı yapılırken de ballı petekler kovandan alınır. Petekler arılar tarafından örülmediği için bal üretim oranı daha yüksektir. Kullanımı daha yaygındır.

Arı kolonisinin bütün bir ömrünü geçirdiği kovanın teknik özellikleri, arıcılığın verimliliğiyle yakından ilgilidir. Bugün dünya çok değişik modellerde kovan çeşitleri kullanılmaktadır. En yaygın olanları Langstroth ile Dadant tipi kovanlardır [38].

Modern arıcılıkta kullanılan bir başka kovan türü olan Dadant kovanlar ise çiçeklenme dönemi uzun ve şiddetli kış yaşanan bölgelerde daha kullanışlı olmaktadır. Daha geniş olan gövdesi süzme bal üretimi için de uygundur [39]. Şekil 2.5’de Langtroth kovan verilmektedir.



Şekil 2.5. Langtroth kovan.

Dadant kovanlar genel olarak kovan tabanı, kuluçkalık ve ballık kısımlarından oluşmaktadır. Kuluçkalık kısmı kare olması sebebiyle kışın herhangi bir yönü öne çevrilerek kovanın daha iyi ısınması sağlanabilir. Ülkemizde genelde kullanımı yoktur. Şekil 2.6’da Dadant kovan şekli verilmektedir [39].



Şekil 2.6. Dadant kovan.

Strafor kovanlar ısı yalıtımı sağlayıp koloni gelişimini hızlandırır. Bu kovanlarda arı hastalıklarıyla daha iyi mücadele edilebilmektedir. Ahşap kovanlara göre daha hafif oldukları için seyyar arıcılıkta kullanışlıdır. Bal verimini iki kat arttırdığı için giderek kullanımı artmaktadır.

Arı hastalıklarının artması ve iklim değişikliklerinden dolayı insanlar arı kolonilerini korumak için çeşitli arı kovanları tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Bunlar; Kontrollü kovanlar ve Termo kovanlardır. Kontrollü kovanlar kovan içerisinde arıları rahatsız eden bazı parametreleri kontrol etmek amacıyla geliştirilmiştir. Ayrıca kovan hakkında bilgi edinme amacını da taşımaktadırlar. Arı kovanlarında zararlı akarları kontrol etmek için geliştirilmiş olan kovan rezistans ve elektronik bir devreden oluşmaktadır [40, 41].

Termo kovanlar son yıllarda yoğun olarak yaşanan iklim değişikliklerine bağlı olarak ortaya çıkan olumsuz hava koşullarını önleme üzerine geliştirilmiştir. Şekil 2.7’de örnek bir termo kovan verilmektedir.



Şekil 2.7. Termo kovan.

Bu kovanlar dış ortamdan soğuk havayı izole ederek kovan içinde arıların uygun sıcaklıklarda yaşamasına izin vermektedir. Ayrıca çeşitli hastalıkları önleyici tedbirler de alınmıştır. Isı yalıtımlı gövde ve ballık iklim değişikliklerinden etkilenmemektedir. Hava sirkülasyonu sağlayan taban, yemlik tipi örtü tahtası ve panjurlu üst kapak, nem ve küf oluşumunu engeller. Uzun ömürlü, Ultra Viole (UV)

korunmalı, anti bakteriyel, gıda kodeksine uygun plastikten High Density Polyethylene (HDP), direkt renklendirilmiş, anti-statik termo kovan; ana arı ızgarası, Varroa çekmecesini, Varroa tuzağı, polen tuzağı, pratik çerçeveler, çift fonksiyonlu bölme tahtaları ve sabitleme aparatları ile sabit ve gezici arıların için kullanım kolaylığı ve kaliteyi standart hale getirmiştir [45].

Amaca yönelik olarak üretilen Ruşet kovan küçük bir arı kolonisinin taşınmasında kullanılabileceği gibi çiftleştirme işleminde de kullanılabilirler. Ruşet kovanlar genelde 5 çerçevesel olmaktadır. Şekil 2.8’de Ruşet kovan verilmektedir.



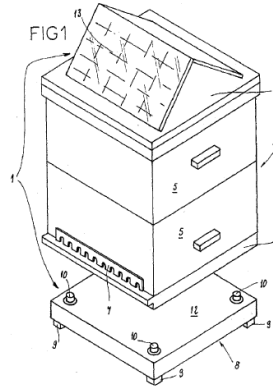
Şekil 2.8. Ruşet kovan.

Arı kovanlarını ısıtmak için kovan altına yerleştirilen rezistans ile kovan ısıtılmıştır. Rezistans ısınırken bir fan yardımıyla bu ısı kovanın her tarafına yayılması sağlanmıştır. Rezistans ve fanın enerjisi kovan üzerine yerleştirilen güneş panelinden elde edilmiştir. Bu sistem ile kovan içi sıcaklık, nem ve karbondioksit oranı kontrol edilmiştir [42]. Şekil 2.9’de sistemin şekli verilmektedir.



Şekil 2.9. Arı kovanı vantilatör sistemi.

Termostat ile sıcaklık kontrolü yapılmaktadır. Bu sistem ile arı kovanlarında görülen hastalık ve zararlı haşerelerin de sayısı azalmıştır. Arı kovanı hakkında içeriden kovanı açmadan bilgi alınması üzerine geliştirilen arı kovanları kovanın ağırlığı, sıcaklığı ve nemi hakkında bilgi vermektedir. Kamera takılan kovanlar ile de arı hareketleri izlenebilmektedir [43, 44]. Robin Herve'nin geliştirdiği kovan Şekil 2.10'da verilmektedir.



Şekil 2.10. İzleme kovanı [43].

BÖLÜM 3

ARI KOVANI DENETİM YÖNTEMLERİ

Bilgisayarlar çok karmaşık sayısal işlemleri anında çözümlayebilmelerine karşın, idrak etme ve deneyimlerle kazanılmış bilgileri kullanabilme noktasında çok yetersizdirler. Bir olayda insanı ya da insan beynini üstün kılan temel özellik, sinirsel algılayıcılar vasıtası ile kazanılmış ve görelî olarak sınıflandırılmış bilgileri kullanabilmesidir [46].

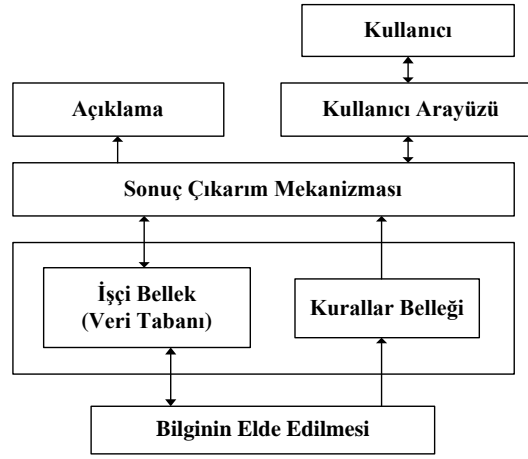
İnsan zekasına özgü olan, algılama, öğrenme, çoğul kavramları bağlama, düşünme, fikir yürütme, sorun çözme, iletişim kurma, çıkarım yapma ve karar verme gibi yüksek bilişsel fonksiyonları veya otonom davranışları sergilemesi beklenen yazılımlara zeki yazılımlar denir [47].

3.1. UZMAN SİSTEM İLE DENETİM

Uzman sistem temelde insan düşüncelerini gerçekleştirmek amacıyla bilgisayar tarafından işletilen bir yazılımdır. Uzman sistem geliştirilirken, uzmanların belli bir konudaki bilgi ve deneyimlerinin bilgisayara aktarılması amaçlanmaktadır [46].

Uzman sistemler uzman desteği vererek kararsız problemleri ele alabilir ve çözüm getirebilirler. Uzman sistem yazılımları belirli bir konuda sadece o alan ile ilgili bilgi ve kurallar ile donatılmış ve problemlere o alanda uzman bir kişinin getirdiği tarzda çözümler getirebilen yazılımlardır. İyi tasarlanmış sistemler belirli problemlerin çözümünde uzman insanların düşünme işlemlerini taklit eder. Burada uzman sistem tabiri kullanılmasının sebebi, sistemin bir veya daha fazla uzmanın bilgilerine sahip olarak onun veya onların yerini alması amaçlanmasından dolayıdır. Böyle bir sisteme sahip olmak kişiyi uzman yapmaz, fakat konu ile ilgili uzmanın yapacağı işin bir kısmını veya tamamını yapmasını sağlar [48].

Uzman sistem mimari olarak 3 ana bölümden oluşur. Karar mekanizması, bilgi tabanı ve kullanıcı arayüzüdür. Şekil 3.1’de uzman sistemin genel yapısı verilmektedir. Karar mekanizması kurallar tabanı, çıkarım ve veri tabanından oluşur. Kurallar tabanı uzman sistemin bir sonuca varabilmesi için bilgiyi kullandığı, bilgiyi çağırdığı hafızaya denir. Kurallar genel olarak iki kısımdan oluşur. Birincisi varsayım, eğer cümlesi ile başlayan ve/veya ile kuralları belirten bir cümle yapısıdır. İkincisi ise çıkarım o halde kelimesi ile başlayarak kuralların oluşturulduğu kısımdır. “Kediler genellikle gri renklidir” cümlesi uzman sistemde kuralı temsil ederken, “Hayvan gri renkli ise kedi olabilir.” cümlesi çıkarım ifadesidir.



Şekil 3.1. Uzman sistemin yapısı.

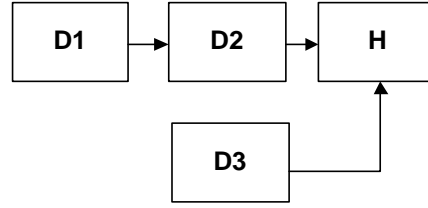
Bilgi tabanı bir uzman sistemin en önemli parçasıdır. Bir uzman nasıl bir problemin çözümünde birden fazla yol ile çalışıyorsa bunların hepsi bilgi tabanına işlenmek zorundadır. Bunlar uzmanların kullandığı nesne, olay, durum, hareket konularını kapsar. Uzman sistemin kalitesinin ve kullanılabilirliğinin birinci etmeni bilgi tabanının kalitesine, ölçeğine ve gerçekliğine bağlıdır.

İşçi belleğe veri tabanı denebilir. Veri tabanı o ana kadar elde edilmiş bilgi ve özellikleri depolar. Dinamik bir yapısı vardır. Altyapısı veri tabanı ile bağlantılıdır. Çıkarım mekanizması elde edilen bilgilerden yeni bilgiler edinmek ve sonuca ulaşmak için kullanılır. Başlıca çıkarım mekanizması yöntemleri genelden özele, özelden genele, sezgisel, güdüsel, içgüdüsel, deneye dayalı, benzerlik gibidir. Bilginin elde edilmesinde çeşitli kaynaklar kullanılabilir. Bilgi kaynağı; insanlar, veri

tabanları matematiksel modeller, simülasyon programları olabilir. Bilgi tabanı hazır olduktan sonra buradan bir sonuç çıkarılabilmesi için akıl yürütme yöntemine ihtiyaç olacaktır. Oluşturulan kuralları işlemenin iki yolu vardır. Bunlar;

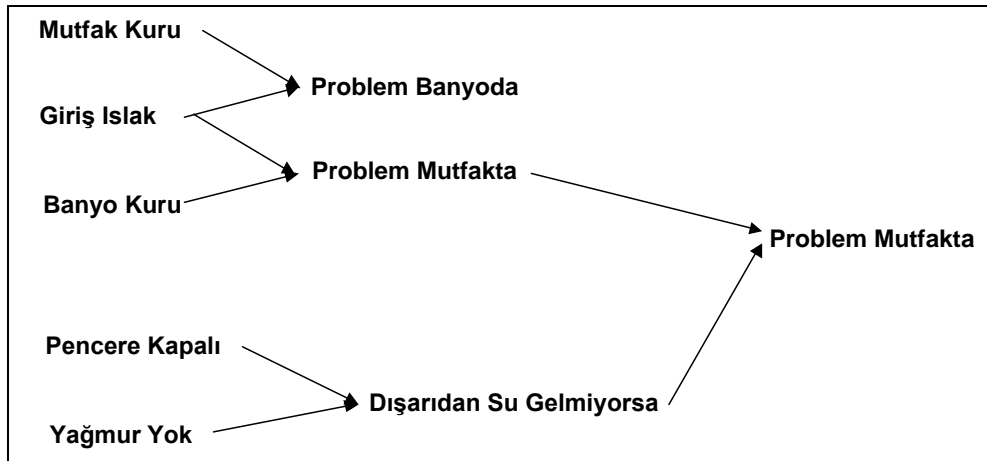
1. Geriye zincirleme
2. İleriye zincirleme

Geriye zincirlemede sonuç bellidir. Fakat sonucu etkileyen nedenlerin hangisi olduğu bulunmaya çalışılır. Geriye zincirlemeye bir örnek verilirse; hipoteze ve bunu kanıtlayacak delillere {H, D1, D2, D3} denirse şematik gösterimi Şekil 3.2’de gibi olur. Burada sonuçta etkisi olan hipotezler bulunmaya çalışılır. Problemi oluşturan etkenler bulunur.



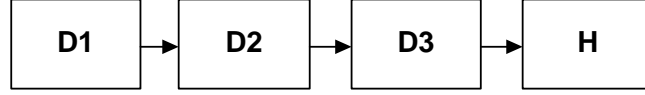
Şekil 3.2. Geriye zincirleme.

Şekil 3.3’de verilen geriye zincirleme örnek gösterim şemasında Eğer Giriş Islak ve Mutfak Kuru ise O Halde Su Kaçağı Banyoda şeklinde kurallar geriye zincirleme olarak ifade edilir.



Şekil 3.3. Geriye zincirleme örnek gösterim.

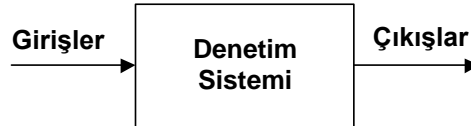
İleri zincirlemede ise ileri sürülen hipotezin doğru olması için delillerin doğrulanması gerekir. Her bir şart sağlandıktan sonra hipotez sonuca bağlanır. İleri zincirleme kontrol uygulamalarında daha çok kullanılmaktadır. Şekil 3.4'te ileri zincirleme verilmektedir.



Şekil 3.4. İleri zincirleme.

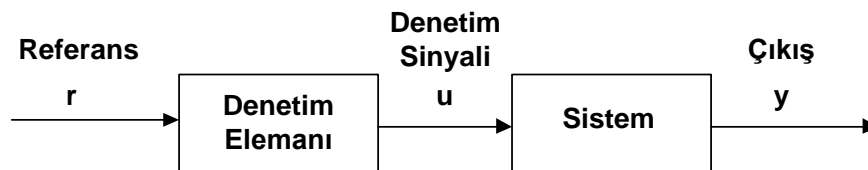
3.2. PID DENETLEYİCİ İLE DENETİM

Bir sistemin çıkışlarını istenen değerlere ulaştırmak, ya da sistemin önceden mevcut bir durumunun devamlılığını sağlayabilmek için sistem üzerinde yapılan işlemlerin tümüne “denetim” denir. Bir sistemin genel olarak çıkışlarını, bozucu etkilere rağmen istenen değerlere ulaştırmak için, gerekli denetim işlemlerini gerçekleştirmek üzere kurulan sistemlere “denetim sistemleri” denilir. Şekil 3.5’de görüldüğü gibi bir denetim sistemi girişler, denetim sistemi ve çıkışlardan oluşmaktadır.



Şekil 3.5. Denetim sistemi genel yapısı.

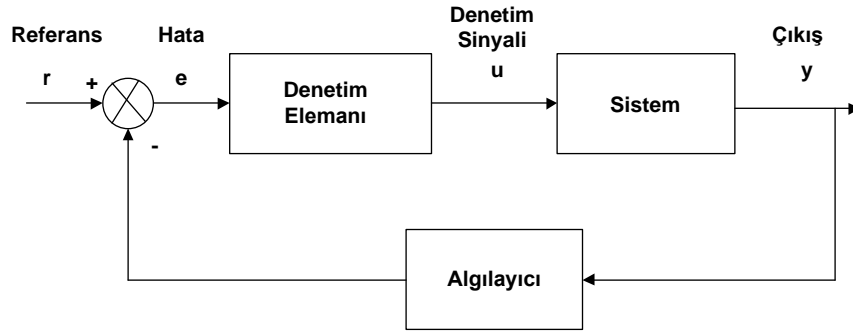
Denetim sistemleri açık çevrimli ve kapalı çevrimli olmak üzere ikiye ayrılır. Şekil 3.6’da verilen açık çevrimli sistemde referans değerine bağlı olarak bir denetim sinyali üretilmekte ve sisteme uygulanmaktadır. Böylece sistem çıkışı önceden belirlenen seviyelerde tutulmaya çalışılmaktadır.



Şekil 3.6. Açık çevrim denetim sistemi.

Ancak açık çevrimli denetim sistemlerinde çıkış bilgileri tekrar işlenip denetim sistemine ulaştırılmaz. Şekil 3.7’de ise bir kapalı çevrim denetim sistemi yer almaktadır. Bu sistemde ise sistemin çıkış bilgileri geriye beslenmekte ve referans değeri ile karşılaştırılmaktadır. Aradaki farka (hata) göre denetim sinyali üretilmekte ve sisteme uygulanmaktadır. Böylece daha anlamlı ve doğru neticeler elde edilebilmektedir.

Kapalı çevrim denetim sisteminde ölçülen çıkış bilgileri bir algılayıcı vasıtasıyla denetim elemanına ulaştırılır. Denetim elemanı, bilinen ya da amaçlanan referans değerinden ölçülen çıkış bilgisinin farkını alarak oluşan hatayı (e) hesaplar ve sistemi referans değerine ulaştırmaya çalışır.



Şekil 3.7. Kapalı döngü denetim sistemi.

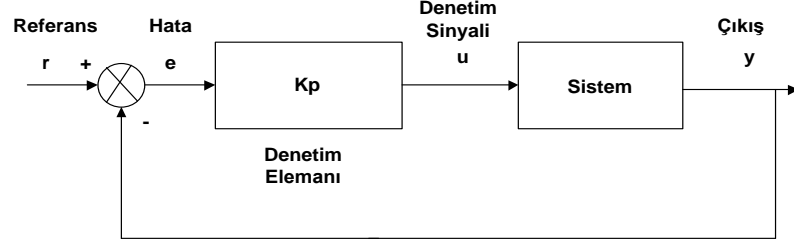
3.2.1. Oransal Denetim

Oransal denetim elemanları olarak bilinen (P denetim) ve basit olduğu için de endüstride çok fazla uygulama alanı bulunan bu denetim yöntemi çıkışı, bir oransal sabit yoluyla girişe oranlar. Diğer bir ifadeyle, oluşan hatayı (e) bir oransal sabit ile çarparak denetim sinyali (u) oluşturulur. Oransal sabit K_p ile ifade edilir. Eşitlik 3.1’de oransal denetleyicinin denklemi verilmektedir.

$$u(t) = K_p \cdot e(t) \quad (3.1)$$

Oransal denetleyici etkisinde denetim sinyalinin büyüklüğü hatanın büyüklüğüne bağlıdır. Hata çok küçük değerlerde olduğunda ise denetim elemanı yeteri kadar

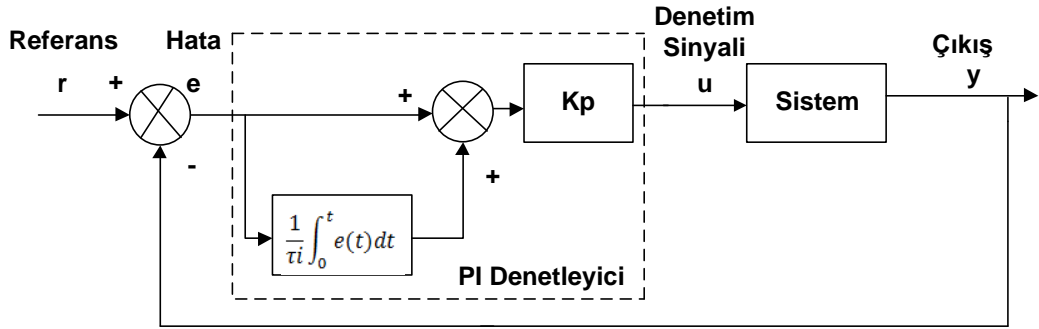
sinyal üretmez ve bu nedenle oransal denetleyicili sistemler kalıcı durum hatası verirler. K_p 'nin artırılmasıyla kalıcı durum hatasını azaltmak mümkündür. Bu yöntemin en büyük avantajı uygulanmasının basit olmasıdır. Şekil 3.8' de oransal denetleyicili bir sistemin blok diyagramı verilmektedir [49].



Şekil 3.8. Oransal denetleyicili sistemin şematik yapısı.

3.2.2. Oransal Integral Etkili Denetim

Oransal etkili denetleyicilerde ortaya çıkan kalıcı durum hatasını gidermenin yolu, denetleyiciye hatanın integrali ile orantılı bir denetim etkisi ilave etmektir. Şekil 3.9'da da görüldüğü gibi integral etkinin çıkışı hatanın birikimi ile orantılıdır ve herhangi bir anda hatanın integrali büyük olursa büyük bir düzeltme etkisi etki eder.



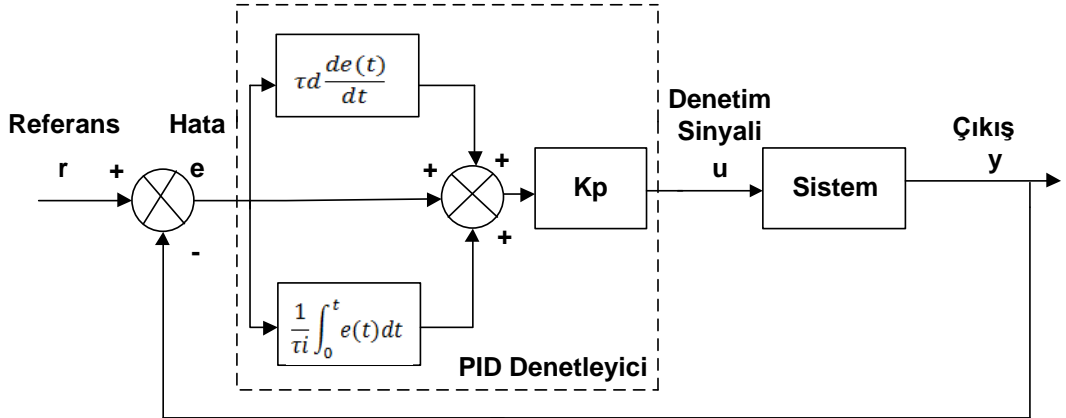
Şekil 3.9. Oransal integral etkili kontrol sisteminin şematik yapısı.

Uygulamalarda integral denetleyiciler genelde yalnız başlarına kullanılmazlar, daha çok oransal etki ile birlikte kullanılırlar [49]. Eşitlik 3.2'de PI kontrolörün matematiksel denklemini verilmektedir.

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{t_i} \int e(t) dt \right] \quad (3.2)$$

3.2.3. Oransal Integral Türev Etkili Denetim

Oransal-integral-türev etkili denetleyiciler olarak adlandırılan modern endüstride çok geniş bir kullanım alanı olan, lineer olduğu gibi lineer olmayan tüm sistemler için de uygulanabilen, en çok bilinen ve en yaygın olarak kullanılan bir denetim metodudur. Üç temel denetim etkisinin üstünlüklerini tek bir birim altında birleştiren bir denetim etkisidir. Integral etkide sistemde ortaya çıkabilecek kalıcı durum hatası sıfırlanırken, türev etkisiyle birlikte sistemin kararlılığı ve cevap hızı artmaktadır. Buna göre PID denetim metodu, sistemde sıfır kalıcı durum hatası barındıran, sistemin hızlı ve kararlı cevap vermesini sağlayan P ve PI kontrol etkilerinin üstünlüklerini bir arada barındıran etkin ve en çok tercih edilen denetim uygulamasıdır. PID denetleyicili bir sistemin blok diyagramı Şekil 3.10'da verilmektedir.



Şekil 3.10. PID kontrolcü şematik yapısı.

İstatistiklere göre günümüz endüstrisinde kontrolcülerin %90 dan fazlasının PID kontrolcülerden oluştuğu, geri kalanının da Programlanabilir Mantık Denetleyicileri (PMD) olduğu ifade edilmektedir. Hata fonksiyonu olarak tanımlanan $e(t)$ fonksiyonu, referans olarak alınan değer ile denetlenen gerçek değer arasındaki fark olup, zamana bağlı değişim göstermektedir. Denetleyicinin ürettiği kuvvet $u(t)$ zamana bağlıdır [49]. Eşitlik 3.3'de PID denetleyicinin matematiksel ifadesi verilmektedir.

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{\tau_i} \int_0^t e(t) dt + \tau_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (3.3)$$

Eşitlikte; K_p oransal sabit, τ_i integral sabiti, τ_d ise türev sabitidir. Bu çalışma da PID parametreleri deneme yanılma yoluyla tespit edilmiştir.

3.3. BULANIK MANTIK İLE DENETİM

Bulanık mantık yaklaşımı, makinelere insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandıran sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanır. İşte bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel Bulanık Mantık Kümeler Kuramı ve buna dayanan Bulanık Mantıktır [46].

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyuldu. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzeni olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle doludur. Bu yüzden insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir. Bulanık mantık adından anlaşılacağı gibi mantık kurallarının esnek ve bulanık bir şekilde uygulanmasıdır. Klasik mantıkta, “doğru” ve “yanlış” ya da “1” ve “0”lar vardır, oysa bulanık mantıkta, ikisinin arasında bir yerde olan önermeler ve ifadeler izin verilebilir ki, gerçek hayata baktığımızda hemen hemen hiçbir şey kesinlikle doğru veya kesinlikle yanlış değildir. Gerçek hayatta önermeler genelde kısmen doğru veya belli bir olasılıkla doğru şeklinde değerlendirilir. Bulanık mantığa da zaten klasik mantığın gerçek dünya problemleri için yeterli olmadığı durumlarda ihtiyaç duyulmuştur. Bulanık mantığın sistemi şu şekildedir. Bir ifade tamamen yanlış ise klasik mantıkta olduğu gibi 0 değerindedir, yok eğer tamamen doğru ise 1 değerindedir (Ancak bulanık mantık uygulamalarının çoğu bir ifadenin 0 veya 1 değerini almasına izin vermezler veya sadece çok özel durumlarda izin verirler). Bunların dışında tüm ifadeler 0'dan büyük 1 den küçük reel değerler alırlar. Yani değeri 0,32 olan bir ifadenin anlamı %32 doğru %68 yanlış demektir [50]. Bulanık

mantık bir insanın anlayabileceği ve çözüme ulaştırabileceği şekilde sistemlerin ya da cihazların çalışmasına izin verir. Kelime anlamı olarak, belirsiz bir durum içeriyor gibi gözükse de, matematiksel uygulamalarda oldukça kullanışlı olmaktadır [51].

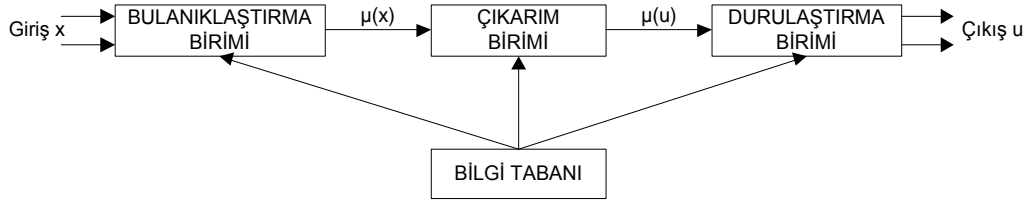
Bulanık mantığın temelde sağladığı üstünlükler aşağıda sıralanmaktadır [52, 53]:

1. İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır.
2. Uygulamasında mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duymaz.
3. Yazılımının basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir.
4. Bulanık mantık kavramını anlamak kolaydır.
5. Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esneklerdir.
6. Kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanılması söz konusudur.
7. Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir.
8. Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir.
9. Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir.
10. İnsanların iletişimde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantık da kullanımı ile daha olumlu sonuçlar çıkmaktadır.

Bulanık mantık yazılımı bir işlemci içerisine konarak sistemi kontrol edebilir. İşlemci sistemde denetleyici olarak çalışır. Geri besleme sinyali olarak da algılayıcılar kullanılabilir. Böylece kapalı döngü kontrol sistemi elde edilmiş olur. Bulanık mantık yazılımının işlemci içerisine konmasıyla bulanık mantık denetleyici elde edilir. Bulanık mantık denetleyicide; x giriş değeri, $\mu(x)$ bulanıklaşma çıkış değeri, $\mu(u)$ çıkarım işleminin sonucu ve u çıkış değeridir. Bulanıklaştırma birimi kontrol edicinin girişindeki kesin veriyi sözel değişken formatlarına dönüştürür.

Bulanık bilgi tabanı veri tabanı ve kural tabanı olmak üzere iki basit veriyi temsil eder. Veri tabanı bulanık setini kullanarak her sistem değişkeni tanımını içerdiği zaman, kural tabanı gerçek çıkışı elde etmek için gerekli olan denetim kurallarını kapsar. Çıkarım birimi bulanık kurullarla bulanık çıkarım gerçekleştiren birimdir. Bu birim insanların düşündüğü şekle benzeyen işlem gerçekleştirir. Durulaştırma birimi

çıkarm sonucundan elde edilen bulanık değeri sayısal değere çevirir. Bu işlem durulaştırma olarak tanımlanır. Şekil 3.11’de basit bir bulanık mantık denetleyici verilmektedir [46].



Şekil 3.11. Bulanık mantık denetleyici.

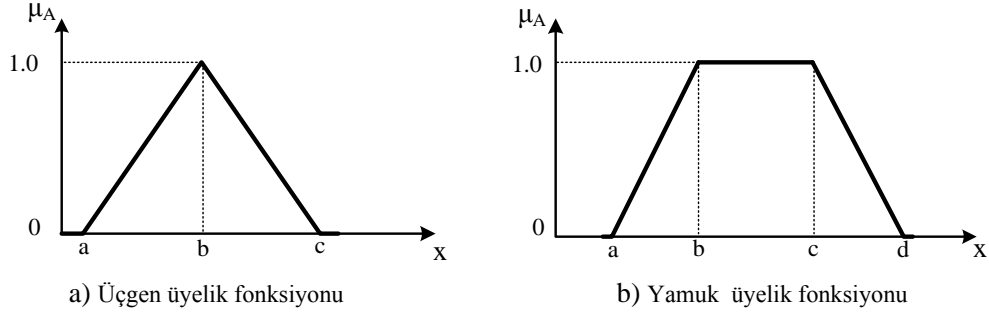
Bulanık mantığın en önemli özelliklerinden biri nesnel olmayıp, kişisel olmasıdır. Ortaya çıkan bu çoklu mantık içinden sadece birinin seçilmesiyle, ‘Aristo Mantığı’ adı verilen ve olayın doğruluğu ya da yanlışlığıyla ilgilenen mantığın uygulamalarda tekrar kullanılmasına ihtiyaç vardır. İşte bu şartlanmanın sonucunda gerçek hayatta çoklu mantık dışlanmış ve ikili mantığa göre sınıflandırmaya gidilmiştir. Bu durum nedeniyle de bir takım uygulamalarda yetersiz kalmıştır. Çünkü ‘Aristo Mantığı’nda yapılan bir iş ya doğrudur ya da yanlıştır. Bunların bir karışımı yani kısmen doğru, kısmen de yanlış olamaz. Bulanık mantık bu durumu gideren ve çözüm arayışında, özellikle de modellemede, bireyin daha aktif kullanılmasına izin veren bir metottur.

3.3.1. Bulanıklaştırma

Fiziksel giriş bilgilerinin, dilsel niteleyicilerle ifade edebileceğimiz bulanık mantık bilgileri şekline çevirme işlemine bulanıklaştırma adı verilir. Ancak bu bilgilerin tamamı mutlaka kesin değildir. Bulanıklaştırma işlemi önemli ölçüde kesin olmayan bilgiyi de içine alır ve bulanıklaştırır. Bulanıklaştırma sonucu tüm giriş değişkenlerinin değerleri, üyelik derecesi olarak hesaplanır.

Bir bulanık küme, kendi üyelik fonksiyonu ile kolayca temsil edilebilir. Üyelik fonksiyonu, 0 ile 1 arasındaki her hangi bir üyelik değeri alabilir. Şekil 3.12’de üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları verilmektedir [50].

Bulanıklaştırma işlemi göreceli olarak bu kadar kolay olmasına karşın, bu işlemlerin yapılması büyük ölçüde deneyime dayanmaktadır. Operatörün sistemde çalışırken gösterdiği davranışlar, sistemin matematiksel modelinden daha önemlidir.



Şekil 3.12. Üyelik fonksiyonları.

Dolayısıyla bulanıklaştırma aşamasına gelinebilmesi için gerekli süre bazen çok uzun olabilir. Bununla birlikte kesin olmayan bilgileri kullanabilmesi, sürecin matematiksel bir modeline gereksinim duyulmaması ve uygulamaya çabucak geçilebilmesi, bütün bunlardan sonra da yüksek derecede verim alınabilmesi bulanık mantığın önemini açıkça ortaya koyar [50].

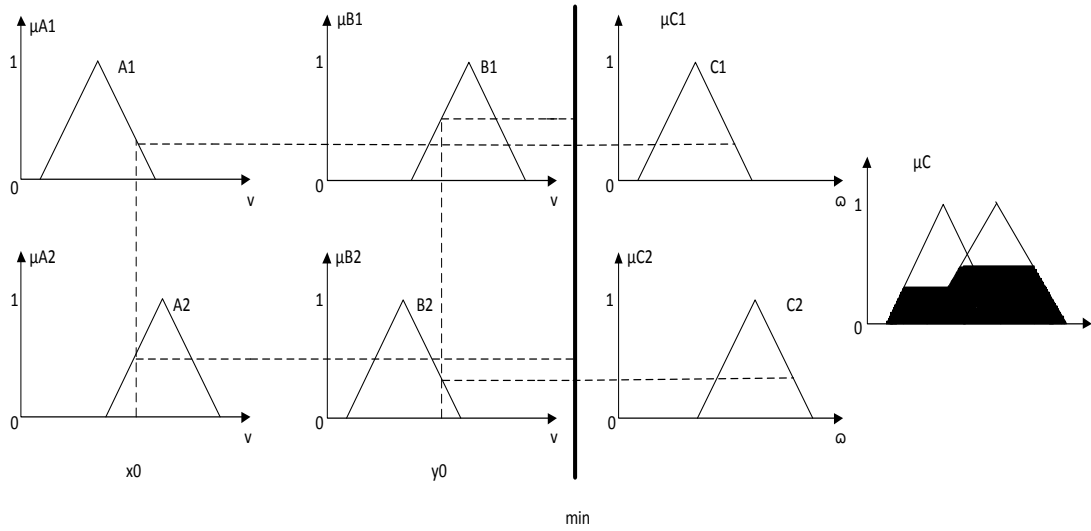
3.3.2. Dilsel Değişkenler

Bulanık kümeler genellikle üç, beş ya da yedi üyelik fonksiyondan oluşabilirler. Örneğin hız giriş değişkeni için; yavaş, az hızlı, orta hızlı; hızlı, çok hızlı şeklinde beş üyelik fonksiyonuna sahip bir bulanık kümesi oluşturabilir. Bunlar dilsel niteleyiciler olarak adlandırılırlar. Bunların fonksiyonel olarak elde edilmeleri ve uygulama aşamasına getirilmeleri büyük ölçüde sistemde daha önce elde edilmiş deneyimlere bağlıdır [50].

3.3.3. Bulanık Çıkarım

Bulanık mantıkta da geleneksel mantıkta olduğu gibi bazı mantık işlemleri yer almaktadır. Ancak bu işlemlerin komutları VE, VEYA, DEĞİL, EĞER, ÖYLEYSE (AND, OR, NOT ve IF, THEN) ile sınırlı çok basit ve aynı zamanda da kullanışlıdır. Bu kurallar bütününe kurallar yada bulanık mantık denetleyicisi üzerinde kural

tabanı denir. Örneğin hızı “h” ve uzaklığı da “u” ile gösterirsek, fren “f” fonksiyonu f (h, u) şeklinde olacaktır. Eğer değişkenler arasında VE (AND) kullanılmış ise buna bağlı olarak ortaya çıkacak fonksiyon minimum değer alacaktır. Yani, $f(h \text{ VE } u) = \min(f(h), f(u))$ ’ dır. Değişkenler arasında kullanılan bağlaç VEYA (OR) ise fren fonksiyonu, $f(h \text{ VEYA } u) = \max(f(h), f(u))$ olacaktır. Fonksiyonda kullanılan DEĞİL (NOT) işlemi ise $f(\text{DEĞİL}(h)) = 1 - f(h)$ anlamına gelmektedir. Buradaki tüm f değerleri, $0 \leq f \leq 1$ şeklinde olacaktır [50].



Şekil 3.13. Max–Min yöntemiyle bulanık çıkarım.

Şekil 3.13’de kesin giriş x_0 ve y_0 değerleri için max-min yöntemi ile yapılan bulanık çıkarım verilmektedir. Burada A ve B girişi C ise çıkışı temsil etmektedir. μ_A , μ_B ve μ_C üyelik derecelerini temsil etmektedir. Çıkış μ_C üyelik fonksiyonu üzerinde koyu bölge çıkış fonksiyonunun kapsadığı alanı ifade etmektedir. Bundan sonra yapılacak olan durulama işlemi ile bulanık değerler uygun gerçek değerlere çevrilerek kullanılır.

3.3.4. Durulaştırma

Bulanık mantık ile yaygın olarak kullanılan başlıca modellemeler; Mamdani ve Takagi–Sugeno tipi bulanık modellemelerdir. Mamdani tipi bulanık model çok kolay oluşturulur, insan davranışlarına çok uygundur. Bu nedenle çok yaygın bir kullanıma

sahiptir ve diğer bulanık mantık modellerin temelini oluşturur. Takagi–Sugeno bulanık mantık ya da Sugeno bulanık mantık ilk kez 1985 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Mamdani bulanık mantık yönteminin bir uyarlamasıdır. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri Mamdani bulanık modelleme ile tamamen aynıdır. İki yöntem arasındaki fark çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. Sugeno tipi bulanık modellemede çıktı üyelik fonksiyonları sadece lineer ya da sabittir. Çıktı üyelik fonksiyonları sabit olduğu zaman, sıfırıncı derece, 1. derece doğru denklemi şeklinde olduğu zaman ise birinci derece Sugeno bulanık model olarak adlandırılırlar. Böylece Sugeno tipi bulanık model, Mamdani tipi bulanık modelden daha karmaşık ve gösterim açısından daha elverişlidir. Bu nedenle Sugeno tipi bulanık model uyarlanabilir tekniklerle birlikte kullanılabilir.

Sugeno tipi bulanık model hesaplama için çok uygundur, optimizasyon ve uyarlanabilir tekniklerle birlikte iyi çalışır ve çıktı parametrelerini optimize ederek sonuçları iyileştirir, çıktı uzayında sürekliliği garantiler, matematiksel analiz için uygundur. Sugeno tipi bulanık modelin dezavantajları da vardır. Yüksek derecedeki Sugeno bulanık modelleme kullanıldığında oldukça karmaşık bir yapıya sahip olur, girdi ve alt küme sayılarının artması verilerin eğitilmesini zorlaştırır, sonuçların elde edilmesi için belirlenmesi gereken soncul parametrelerin sayısı artar, insan sezgilerine çok uygun değildir. Bulanık küme çıkarımlarının, sistem üzerinde uygulanabilmesi için yeniden fiziksel ve kesin sayılara dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işleme durulaştırma veya durulama adı verilir. Bunun için çeşitli durumlara göre durulama yöntemleri geliştirilmiştir.

Bulanık işlemciden elde edilen mantıksal çıkarımların üyelik işlevleri, bir ya da birden fazla olabilir. Bulanık çıkarım bu kümelerin bileşkesi olacaktır. Bulanık işlemcilerden elde edilen bulanık çıkarımlar, aslında ikiden çok daha fazladır ve üyelik işlevlerinin biçimleri bizim bilmediğimiz şekillerde de olabilir. Literatürde en çok kullanılan sekiz çeşit durulama yöntemi bulunmaktadır. Bunlar;

1. Üyelik fonksiyonunun en yüksek noktası
2. Üyelik fonksiyonunun en düşük noktası
3. Merkez yönetimi

4. Ağırlık ortalama yöntemi
5. Üyelik işlevinin en yüksek noktalarının ortalaması
6. Toplamların ortası
7. Geniş alan merkezi
8. İlk (veya son) yükselti

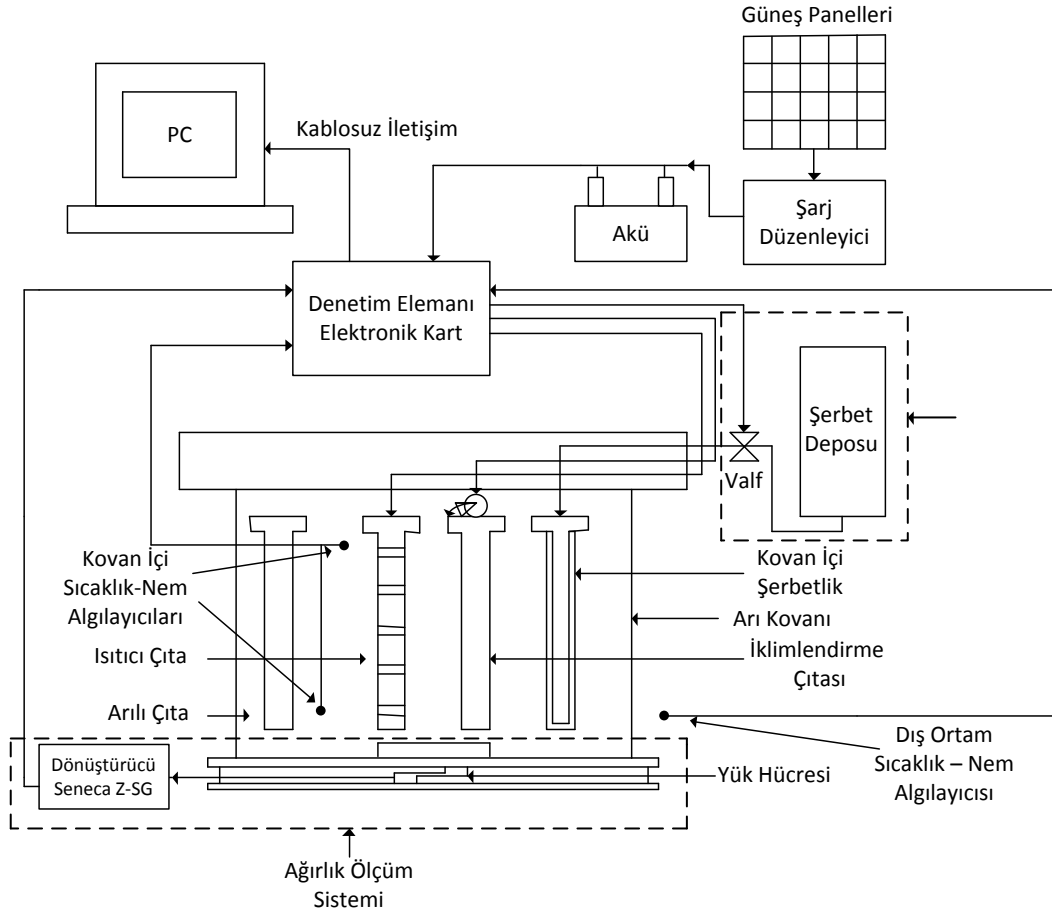
Bunlardan sisteme en uygun olanı seçilmelidir. Hellendorn ve Thomas, 1993 yılında uygun olanın seçilmesi için beş dayanak ortaya atmıştır. Bunlar; süreklilik, belirsiz olmama, uygunluk, hesaplama kolaylığı ve ağırlaştırma yöntemidir. Ayrıca fiziksel sistemin yapısı ve kullanıcıların deneyimleri de durulama yönteminin seçilmesi için birer büyük dayanak noktası oluşturur [50].

Bu çalışmada bulanık mantık yöntemlerinden Mamdani yöntemi kullanılmıştır. 7 üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Toplam 49 adet kural oluşturulmuştur. Durulama yöntemi olarak ağırlık ortalama yöntemi tercih edilmiştir. Ağırlık ortalama yöntemi her bir kural için çıkış üyelik fonksiyonunun alan merkezi öncelikle değerlendirilir. Daha sonra çıkış üyelik fonksiyonları ağırlıklandırılarak her bir ağırlık merkezinin ortalaması hesaplanır.

BÖLÜM 4

UZMAN SİSTEM DENETİMLİ ARI KOVANI TASARIMI

Uzman sistem denetimli kovan ağırlık ölçme, sıcaklık ölçümü ve denetimi, nem ölçümü ve denetimi, otomatik şerbetlik, güneş panelli enerji üretimi alt sistemlerinden oluşmaktadır. Uzman denetimli arı kovanının blok diyagramı Şekil 4.1’de verilmektedir.



Şekil 4. 1 Uzman sistem denetimli arı kovanı blok diyagramı.

Kovan içerisine kovan içi şerbetlik, ısıtıcı çerçeve ve algılayıcılar yerleştirilmektedir. Kovanda arıların bulunduğu bölmenin hemen üzeri ince ve dar tahtalarla kapatılır.

Bu tahtalardan bir tanesi kovan içerisindeki nem oranını ayarlamakta kullanılan nem alıcı kapaktır. Diğer tahtalar da elektrik bağlantısı sağlanması amacıyla uygun şekilde delinmektedir. Deliklerden ısıtıcı çerçeve elektrik beslemesi ve algılayıcılar kovan içine sarkıtılmaktadır.

4.1. KOVAN AĞIRLIĞI ÖLÇME SİSTEMİ

Arı kovanındaki bal akışını izlemek için kovanın ağırlığının ölçülmesi gerekmektedir. Bu amaçla kovanın altına yük hücresi yerleştirilmektedir. Kovan ağırlığı sürekli ölçülerek koloninin ağırlık artışı izlenmektedir. Kovandaki ağırlık artışının ölçülmesiyle arıların ne kadar uçuşa çıktıkları ve ne kadar besin maddesi kovana getirdikleri öğrenilebilmektedir. Ayrıca kovanda ani bir ağırlık azalması olması durumunda arıların kovana terk etmiş olabileceği ya da arılara fiziki bir saldırı olduğu anlaşılabilir. Böylece arı kovanının sayısal olarak artıp artmadığı kontrol edilebilmektedir. Şekil 4.2’de ağırlık ölçüm sistemi verilmektedir.



Şekil 4.2. Ağırlık ölçüm sistemi.

Kovanın yük hücresi üzerinde dengede durması için iki adet tahta 4 köşesinden civata ile sabitlenmektedir. Ancak civatalar tahtaları sıkıştırmamakta ve ağırlık bilgisine herhangi bir etki etmemektedir.¹

¹ Kovan ağırlığı ölçme sistemi Arı kovanları için bal üretimi takip sistemi adlı 2009/02061 patent numarası ile patentlenmiştir.

4.1.1. Yük Hücresi

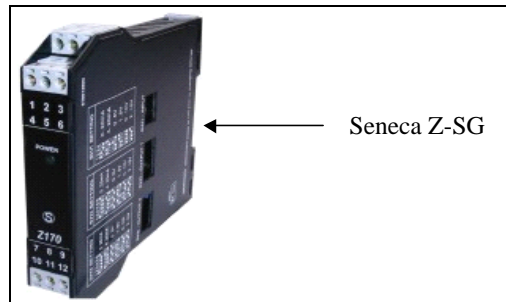
Yük hücresi 12V ile çalışmakta olup 0,1 gr (100 mg) hassasiyettedir. Yük hücresi 60kg kapasitelidir [54]. Bu alışma da kullanılan yük hücresinin teknik özellikleri izelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Yük hücresi teknik özellikleri.

Kapasite	Kg	6/10/20/40/60
ıkış hassasiyeti	mV/V	2,0±0,2
Hassasiyetine Sıcaklık etkisi	%FS/10°C	≤ 0,01
Giriş direnci	Ω	409±6
ıkış direnci	Ω	350±3
Yapım malzemesi		Alüminyum
evre koruma		IP65
Kablo		Uzunluk 0.45 m, çap 4 mm

4.1.2. Sinyal Yükseltici

Yük hücresinden alınan çıkış sinyalleri çok küçük değerlerde olduğundan mikrodenetleyici tarafından okunabilmesi için yükseltilmesi gerekmektedir. Bu amaçla Seneca Z-SG yükselticisi kullanılmaktadır. Yükseltici yk hücresinden gelen mV’lar mertebesindeki gerilimleri 0-5V arasına dönüştürmektedir. Sinyal yükseltici Şekil 4.3’de verilmektedir.



Şekil 4.3. Sinyal yükseltici.

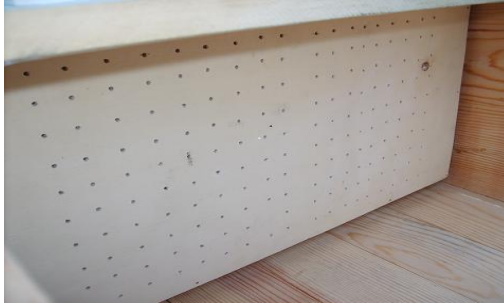
Yükseltici 4-20mA ve 0-5V arası ıkışlar üretebilmektedir. Sinyal yükseltici hassasiyeti 5mV olarak ayarlanmaktadır. Sinyal yükseltici 12V çalışmakta olup 2W enerji harcamaktadır [55]. Yük hücresi ve sinyal yükseltecinin elektrik ihtiyaçları güneş panellerinden elde edilmektedir.

4.2. KOVAN SICAKLIĞI ÖLÇÜMÜ VE DENETİMİ

Sıcaklık ölçümü ve denetimi sistemi kovan içerisine diğer aralı çerçevelerin yanına konulan ısıtıcı çerçeve ve algılayıcılardan oluşmaktadır. Kovan içerisinde ve dış ortamda sıcaklığı ölçmek için kullanılan algılayıcı SHT11 algılayıcısıdır. Kovan içerisine 2 adet dış ortama da bir adet algılayıcı yerleştirilmektedir.

4.2.1. Isıtıcı Çerçeve

Isıtıcı çerçeve 12V ile çalışmaktadır. 36W gücündeki ısıtıcı rezistans herhangi bir titreşim ve ses yaymamaktadır. İçerisinde yatay bir şekilde sıralanmış 9 sıra tel rezistansdan oluşmaktadır. Isıtıcı çerçevenin dış yüzeyindeki delikler sayesinde ısı kovan içerisine dağılmaktadır. Delikler 2,5mm'den küçük olduğundan araların rezistansın içerisine girmesi mümkün değildir. Rezistans porselen taşlar ile ahşap materyalden yalıtılmaktadır.² Şekil 4.4'de ısıtıcı çerçeve şekli verilmektedir. Rezistans olarak kullanılan telin 20 C° deki direnci 1,09 Ω/mm^2 'dir [56].



a) Isıtıcı çerçeve.



c) Isıtıcı çerçevenin iç yapısı.

Şekil 4.4. Isıtıcı çerçeve.

4.2.2. Sıcaklık Algılayıcıları

Bu çalışmada sıcaklık ölçümü için SHT11 algılayıcısı kullanılmaktadır. Çalışma gerilimi 3.3V-5V'dur. Sıcaklık hassasiyeti %4 ve çalışma aralığı ise -40°C ile 100°C

² Kovan sıcaklığı ölçümü ve denetimi sistemi Arı kovanları için sıcaklık ve nem denetimi sistemi adlı 2009/02062 patent numarası ile patentlenmiştir.

arasındadır. Mikrodenetleyici ile sayısal olarak haberleşen algılayıcı kendi içerisinde 8/10/12 bitlik ADC'lerle çalışmaktadır. Kullanıcı isteğine bağlı olarak bu çevrim hassasiyetlerinden biri seçilebilmektedir [57]. Arıların herhangi bir zarar görmemesi için SHT11 algılayıcısı korunmaya alınmaktadır. Şekil 4.5'de algılayıcıya yapılan kılıf verilmektedir. Algılayıcılar deney esnasında arılar tarafından sürekli mumlandıkları için belirli zaman aralıklarında yenileriyle değiştirilmektedirler. Böylece yapılan deneyin daha doğru sonuçlar vermesi sağlanmaktadır. Kovan içerisinde arılı çerçevelerin arasına biri bir ucuna diğeri çerçevenin diğeri ucuna yerleştirilen algılayıcılardan ikisinin ortalaması alınarak kovan içi sıcaklık değeri belirlenmektedir.



Şekil 4.5. SHT11 algılayıcısı kılıfı.

4.3. KOVAN NEMİNİN ÖLÇÜMÜ VE DENETİMİ

Nem ölçümü ve denetim sistemi 3 adet SHT11 algılayıcısı ve kovan kapağının altına yerleştirilen nem alma kapağından oluşmaktadır. Bu sistem ile kovan içerisindeki aşırı nem oranını azaltma amaçlanmaktadır. İki adet algılayıcı kovan içine yerleştirilmektedir. Bir tane de dış ortamın nem oranını ölçmesi için kullanılmaktadır.

4.3.1. Nem Ölçümü

Nem ölçümü için yine SHT11 algılayıcısı kullanılmaktadır. Nem ölçüm aralığı % 0-100 arasındadır. Nem hassasiyeti %3'tür. Dış ortamın nem oranını belirlemek için 1 adet, kovan içerisindeki nem oranını ölçmek için de 2 adet algılayıcı kullanılmaktadır.

Bu algılayıcı sıcaklığı ve nem oranını birlikte ölçmekte ve mikro denetleyiciye sayısal bilgi olarak vermektedir [57]. Şekil 4.6'da SHT11 algılayıcısının resmi verilmektedir.



Şekil 4.6. SHT11 algılayıcısı.

4.3.2. Nem Denetimi

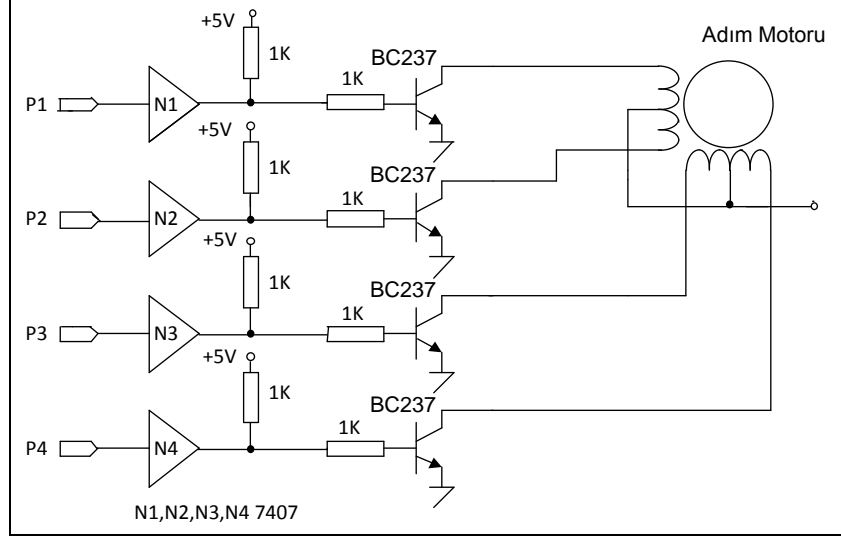
Nem ölçümü ve denetimi sistemi kovana kapatmak için kullanılan parça tahta üzerine yerleştirilen hareketli kapak, bir adım motor yardımıyla çalıştırılarak küçük hava hareketleri yapmaktadır (Şekil 4.7). Bu küçük hava hareketleri arıları rahatsız etmemektedir. Herhangi bir titreşime neden olmamaktadır. Bu sayede kovana içi uygun sıcaklık-nem değerlerinin ayarlanması yapılabilmektedir.



Şekil 4.7. Havalandırma çerçevesinin görünümü.

Kullanılan adım motor 4 uçlu motor olup tam bir turu 180 adımda tamamlamaktadır. Adım açısı 2° /adım'dır [58]. 12V ile çalışan adım motoru transistörlü bir sürücü devre ile kullanılmaktadır. Şekil 4.8'de sürücü devre şeması verilmektedir. Sağa ve sola nem alma kapağını çevirerek kovana içinde küçük hava hareketleri sayesinde

aşırı nemi azaltmaktadır. Kapağın hareket hızı mikrodnetleyicinin adım motora gönderdiği sinyallerle ayarlanmaktadır.



Şekil 4.8. Adım motor sürücü devre şeması.

4.4. OTOMATİK ŞERBETLİK SİSTEMİ

Şerbetlik sistemi ile zayıf arı kolonisinin düzenli bir şekilde beslenmesi sağlanmaktadır. Şerbetlik kabı içerisine konulan şerbet sadece akşamları otomatik olarak verilmektedir. Şerbetin ne kadar verileceği kovanın ağırlığı ölçülerek hesaplanmaktadır. Hesaplanan miktar güneşin batmasıyla otomatik olarak tek seferde ya da fasıllı olarak da verilebilmektedir. Bu seçim arıların şerbet tüketim hızına ve günlük uçuş oranlarına göre belirlenmektedir. Güneş ışığını algılayan algılayıcı sayesinde akşam güneş batmasıyla şerbet otomatik olarak her gün verilmektedir. Belirlenen miktarda şerbet verildikten sonra kovanın ağırlığı mikrodnetleyici tarafından kontrol edilerek solenoid vana kapatılır. Şerbet verme işlemi tamamlanır.³

4.4.1. Solenoid Valf

Elektriksel sinyal ile açılıp kapanabilen kontrol vanasıdır. İçerisindeki bobinlere gerilim uygulanarak açılıp kapatılmaktadır. 12V gerilim ile çalıştırılmaktadır. Arılara

³ Otomatik şerbetlik sistemi Arı kovanları için otomatik şerbetlik sistemi adlı 2009/02060 patent numarası ile patentlenmiştir.

verilecek şerbeti kontrol etmek için kullanılmaktadır. Yarım parmak (1/4") solenoid vana kullanılmaktadır. Normalde kapalı konumda olan vana tercih edilmektedir. Yaklaşık 4 bar'lık bir maksimum basınca dayanabilmektedir (Şekil 4.9) [60].



Şekil 4.9. Solenoid valf.

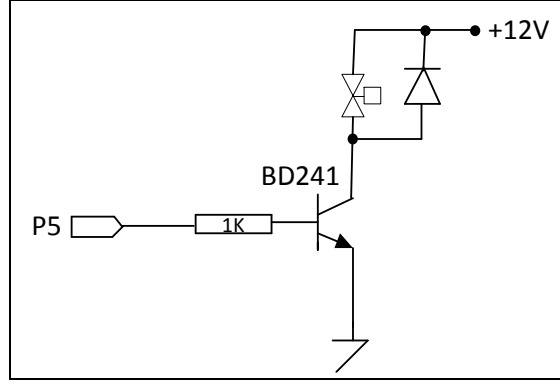
4.4.2. Kovan İçi Şerbetlik, Şerbetlik Kabı ve Sürücü Devre

Kovan içi şerbetlik kovanın içine diğer arılı çerçevelerin yanına yerleştirilen şerbetliktir. Şerbetlik kabı olarak ise bu çalışmada ölçekli kap kullanılmaktadır. Solenoid vanayı mikrodenetleyici kullanabilmek için transistörlü bir sürücü devre kullanılmaktadır (Şekil. 4.10).



Şekil 4.10. Kovan içi şerbetlik.

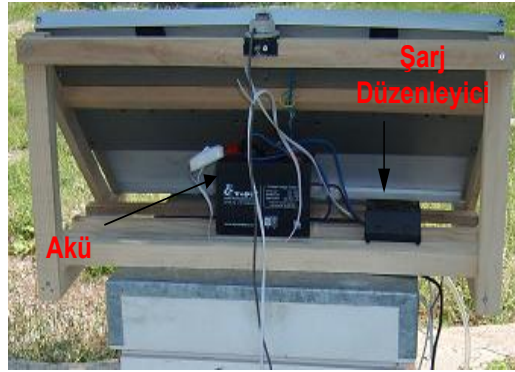
Kovan içi şerbetlik 1 lt şerbet alabilen plastik yapıda üretilmektedir. İç yüzeyinde arıların rahat yürümleri için ince çizgiler bulunmaktadır. Sürücü devre için kullanılan transistör BD241'dir. Mikrodenetleyiciden gelen sinyale bağlı olarak solenoid vana açılıp kapatılmaktadır. Burada transistör anahtarlama görevi görmektedir. Şekil 4.11'de sürücü devre şeması verilmektedir.



Şekil 4.11. Solenoid vana sürücü devre şeması.

4.5. GÜNEŞ PANELİ ENERJİ ÜRETİM SİSTEMİ

Güneş panelli enerji üretim sistemi ile kovan içerisine yerleştirilen algılayıcılar, RF haberleşme modülü ve diğer elektronik kartların enerjisi sağlanmaktadır. 2 adet 40 Wp'lik (Watts Peak) güneş paneli paralel bağlanarak kovan üzerine yerleştirilmektedir. Panellerin Mppt (Maksimum Power Point Tracker) gerilimi 16,5V ve Mpp akımı 2,43A'dir. Paneller güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak yatayla 24°'lik eğim açısıyla yerleştirilmektedir. Şekil 4.12'de güneş paneli enerji üretim sistemi resmi verilmektedir.



Şekil 4.12. Güneş paneli, akü ve şarj düzenleyici.

Ayrıca şarj düzenleyici ile güneş panelinden gelen enerji 12V-12A'lik aküyü şarj etmektedir. Şarj düzenleyici DGM (Darbe Genlik Modülasyonu) kontrollü şarj düzenleyicidir [61]. Çizelge 4.2'de şarj düzenleyici teknik özellikleri verilmektedir. Kısa devre koruması, otomatik sigorta, geceleri ters akım koruması, aşırı sıcaklık

koruması ve aküyü aşırı yüke karşı koruma gibi özellikleri mevcuttur. Akü güneş olmayan gün ve saatlerde sistemin çalışmasını temin etmek için kullanılmaktadır. Akü 12V 12Ah'dir. Kuru bakımsız tip olan akü güvenli valf sistemine sahip ve derin şarja uygundur.

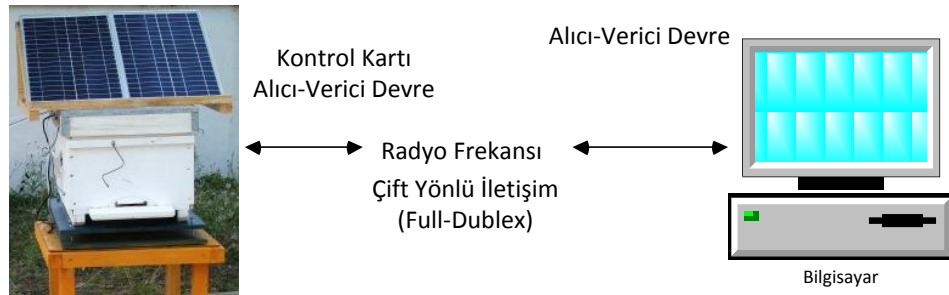
Çizelge 4.2. DGM şarj düzenleyici özellikleri.

Sistem Voltajı	12 V
Kendi Tüketimi	< 4 mA
Açık Devre Gerilimi	< 47 V
Modül Akımı	8 A
Yük Akımı	8 A
Maksimum Şarj Voltajı	13.9 V
Artırılmış Şarj Voltajı	14.4 V
Minimum Şarj Gerilimi	11.6 V
Çalışma Sıcaklığı	-25 °C-+50 °C
Koruma Sınıfı	IP 32

4.6. VERİ HABERLEŞME SİSTEMİ

4.6.1. RF Modüller ve RF İletişim

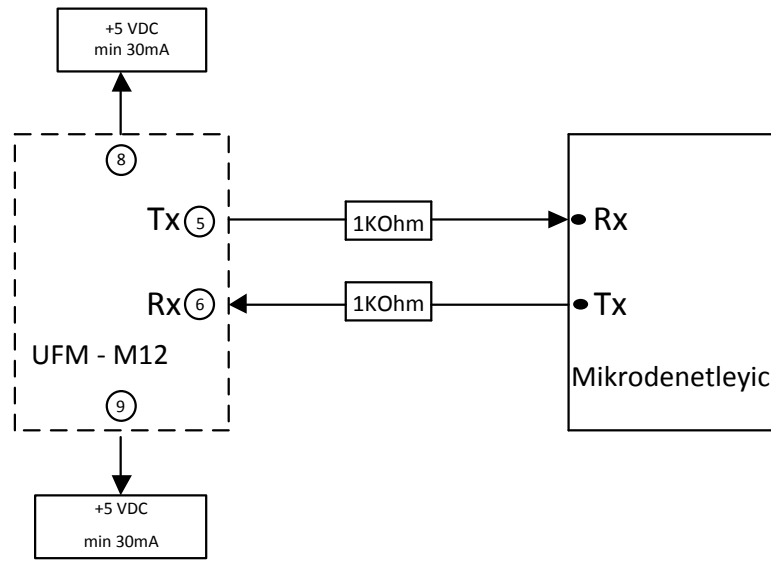
Kovanın bilgisayar ile haberleşmesi ve bilgisayardan gönderilen komutların mikrodenetleyici tarafından okunması için RF (Radio Frequency) teknolojisi kullanılmaktadır. Radyo frekansı, 3 Hz ile 30 Ghz aralığındaki frekanslardır (20 Hz–20 KHz arası ses frekans aralığıdır). RF sistemin genel yapısı Şekil 4.13'de görülmektedir.



Şekil 4.13. RF iletişim.

Bu frekans aralığı, radyo dalgalarını oluşturmak ve yakalamak için kullanılan alternatif akım elektrik sinyallerinin frekansına karşılık gelir. Bu aralığın büyük bir

bölümü çoğu mekanik sistemin kullandığı frekansların dışında kaldığı için, RF genellikle elektrik devrelerindeki titreşimler için kullanılır [59]. RF iletişim için Udea firmasının ürettiği UFM-M12 RF modemi kullanılmaktadır. UFM-M12 modülü +5V gerilimle çalışmaktadır. 30mA kadar akım çekmektedir [62]. Bu modem mikrodenetleyici ile Şekil 4.14'teki gibi bağlantı kurmaktadır. RF iletişim tek yönlü olmayıp, hem bilgisayardan mikrodenetleyiciye veri gönderilmekte hem de aynı anda mikrodenetleyiciden bilgisayara veri gönderilebilmektedir. Böylece çift yönlü (Full-Dublex) iletişim kullanılmaktadır.

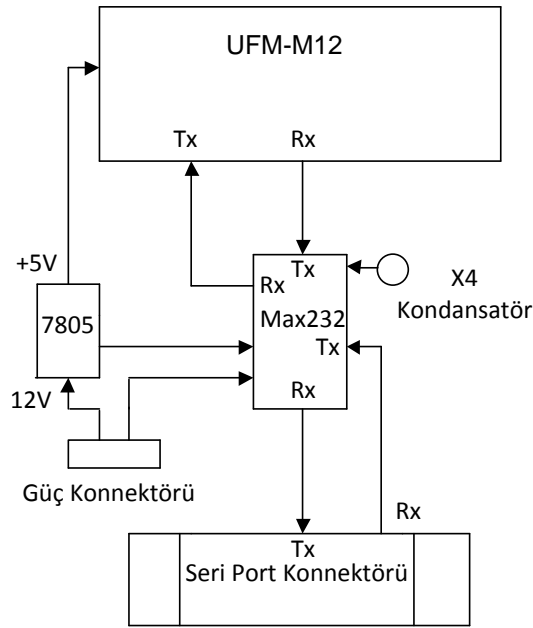


Şekil 4.14. Mikrodenetleyici RF modem bağlantısı.

Mikro denetleyici ile ölçülen parametreler kovan içi sıcaklık, kovan içi nem oranı, kovan ağırlığı, dış ortam sıcaklığı ve dış ortamın nem oranıdır. Bu parametreler mikro denetleyici tarafından sürekli okunmakta ve RF modüllerle uzaktaki bilgisayara gönderilmektedir.

RF modüller 500-1000m kadar veri iletişimi yapabilmektedir. 2400 kbps iletişim hızı ile veri alışverişi sağlanmaktadır [62]. Dakikada 15 defa ölçülen bu parametreler uzak bilgisayara gelmekte ve seri porttan okunarak kaydedilmektedir. Bu denetleyicinin 32 KB'lık belleği bulunmaktadır. 25mA akım çekmektedir. +3.3V ile +5V arası gerilimlerde çalışabilmektedir. 40Mhz'lik çalışma frekansı ile bu uygulama için yeterince hızlıdır. 10 bitlik analog dijital çevirici ile analog

algılayıcıları yüksek hassasiyet ve doğrulukta okuyabilmektedir. 10-12 bitlik DGM'den oluşan 2 adet çıkış pini bulunmaktadır. A, B, C, D ve E portu olmak üzere toplam 5 adet port bulunmaktadır. Port üzerindeki pinler giriş ve çıkış diye yazılımda seçilebilmektedir. RF modül ile haberleşmesini ise USART (Universal asynchronous receiver/transmitter) pinleri ile yapmaktadır. Usart pinleri C portunun 6 ve 7. pinleridir [63]. Bu pinler ile RF modülden gelen veriler okunmaktadır. Aynı zamanda yine bu pinlerden okunan algılayıcı bilgileri ve diğer bilgiler RF modüllere yazılıp uzaktaki bilgisayara gönderilmektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Bilgisayar tarafındaki alıcı-verici devre şeması.

Uzaktaki bilgisayarın verileri seri porttan okuması için alıcı devre geliştirilmiştir. Bu devre max232 entegresi, 7805 gerilim regülatörü ve UFM-M12'den oluşmaktadır. 7805 ile UFM-M12 modülün enerji gereksinimi sağlanmaktadır. Max232 entegresi Transistör Transistör Logic (TTL) uyumlu bir entegre olup gelen sinyalleri seri iletişim için uygun hale getiren bir sinyal yükseltici entegredir [64].

4.7. KULLANICI ARAYÜZLÜ VERİ ALMA YAZILIMI

Arı kovanından gelen verileri kaydetmek, grafiklemek ve analizini yapmak üzere görsel programlama dillerinden olan C#.Net ortamında yazılım gerçekleştirilmiştir.

Yazılım seri porta bağı olan RF modülü okuyarak ekranda verileri grafikleştirmekte ve veri tabanına kaydetmektedir. Böylece kullanıcı kovanın yanına gitmeden kovan hakkında detaylı bilgiye sahip olmaktadır. Şekil 4.16’da yazılım ekran görüntüsü verilmektedir.



Şekil 4.16. Yazılım ekran görüntüsü.

Seri iletişimde veriler bit bit ard arda gönderilmektedir. Bunların başında başlangıç ve bitiş bitleri de vardır. Seri iletişim ile veri alan taraf da bu bitlerin veri olan kısmındaki sekiz biti alır (5-8 arasında başka bir değer de olabilir) ve bunlardan bir Byte haliyle bir karakter elde edilir. Bu karakterlerin bileşimi de verinin kendini oluşturmaktadır. Seri iletişimde iletişimin bazı kuralları vardır. Aslında kuraldan çok parametre ayarı gerekir. Eğer iki taraf haberleşmek istiyorlarsa parametrelerinin aynı olmaları gerekmektedir. İlk parametre “İletişim Hızı”dır. BAUD oranı de denilen bu hız saniyede gönderilecek bit sayısını (bit/sn) verir. İletişim için gönderen ve alan tarafın BAUD hızları eşit olmalıdır.

Veri uzunluğu kaç bitin anlamlı bir bütün olduğunu göstermektedir. Standart olarak bir byte uzunluğu olarak 8 bit olsa da bu değer beş ile sekiz arasında bir değer olabilir. Haberleşen tarafların veri uzunluklarının farklı olması alınan verinin bozulmasına neden olur. RS232 standardının çok güvenli olduğu söylemek mümkün değildir. Güvenlik için Eşlik (Parite) biti kavramı kullanılmaktadır. Eşlik biti gönderilecek verinin bitlerinin toplamına göre “1” ya da “0” değerini alır. Karşı taraf

da yine bu biti hesaplar ve gelen eşlikle olması gereken eşliğe göre verinin bozulup bozulmadığını kontrol eder. Seri porttan veri okunurken tampon bellekten veriler okunmaktadır. Yazılımın verileri seri porttan doğru okuyabilmesi için RF modülün bağlantı hızı olan 2400 kbps bağlantı hızının seçilmesi gerekmektedir. Şekil 4.17’de şerbetlik sisteminin bilgisayar tarafındaki programın ana penceresi verilmektedir.

Şerbet Zamanını Ayarla

Şerbet Verme Saati 21:00

Şerbet Miktarı 400 ml

Şerbet Verme Fasılları 3 Fasil

Şu an şerbet vermek istiyorsanız şerbet miktarını giriniz...

Şerbet Miktarı 0

Uygula

Anlık Şerbet Takibi

Verilen Şerbet Miktarı 400 ml

Şerbetlikteki Şerbet Miktarı

800 ml

600 ml

400 ml

200 ml

0 ml

Şekil 4. 17 Kullanıcı ayarlı şerbetlik sistemi.

Şerbetlik sistemi mikrodenetleyici USART portuna gelen mesajları kesme olarak algılamakta ve anında tepki vermektedir. Mesaj mikrodenetleyici tarafından okunduktan sonra mesaj içeriğine bağlı olarak solenoid vanayı istenen süre kadar açmaktadır. Mikrodenetleyici vanayı açtıktan sonra ağırlık bilgisini kontrol etmekte ve istenen ağırlığa kovan ulaştığında vanayı kapatarak şerbet verme işlemini tamamlamaktadır.

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Uzman sistem denetimli arı kovanı deneysel çalışmaları Sinop ili Ayancık ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerin biri zayıf arı kolonisinin durumunu tespit etmek amacıyla, diğeri denetim amaçlı olarak zayıf arı kolonisinin düzgün bir şekilde büyümesi ve güçlenmesi için yapılmıştır. Zayıf arı kolonisi olarak 2 çerçevelik Kafkas melezi arılar kullanılmaktadır. Deney öncesi arı kolonisi şekil 5.1'de verilmektedir. Deney için 2 çerçevelik 2010 yılına ait zayıf bir arı kolonisi (oğul) tercih edilmiştir.



a) Çerçeve 1 Sol.



b) Çerçeve 1 Sağ.

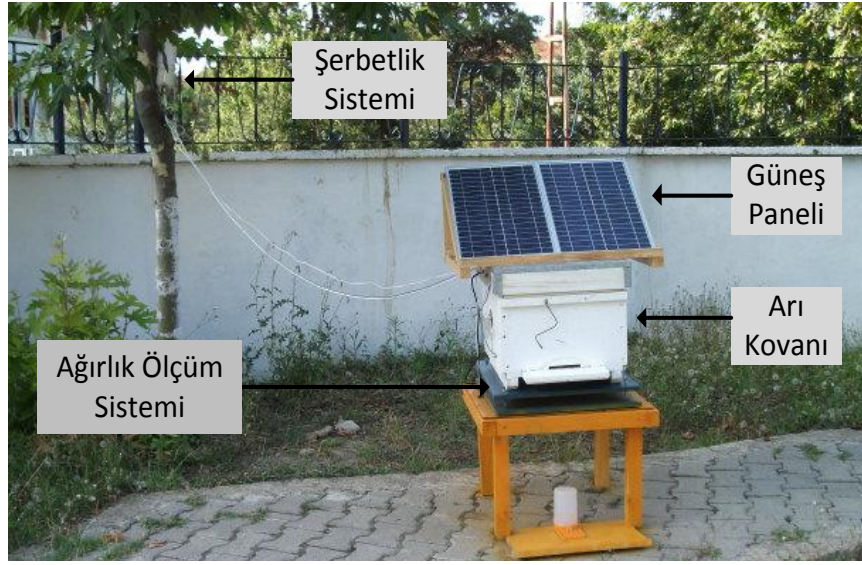


c) Çerçeve 2 Sol.



d) Çerçeve 2 Sağ.

Şekil 5.1. Deney öncesi arı kolonisi.

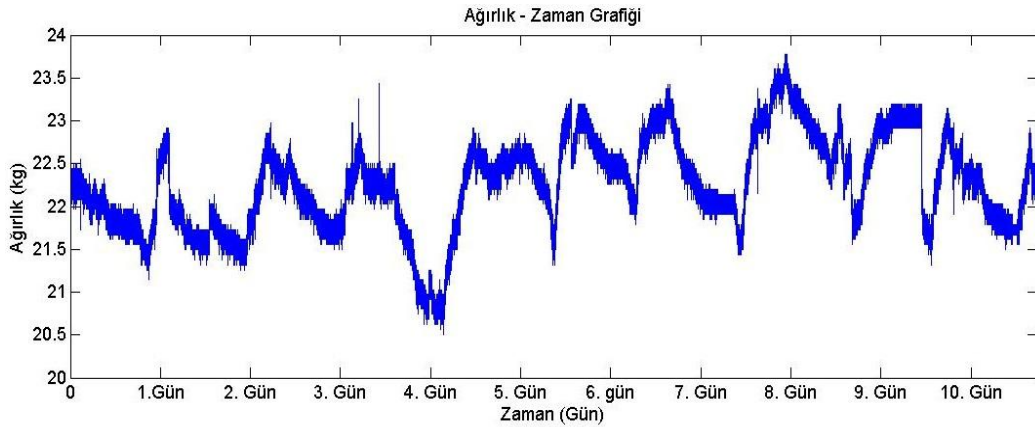


Şekil 5.2. Deney kovanı.

Şekil 5.2’de üzerinde deney yapılan arı kovanı resmi verilmektedir. Kovan üzerinde güneş paneli enerji sistemi bulunmaktadır. Arı kovanı yerden 40cm yükseklikte sehpa üzerine yerleştirilmektedir.

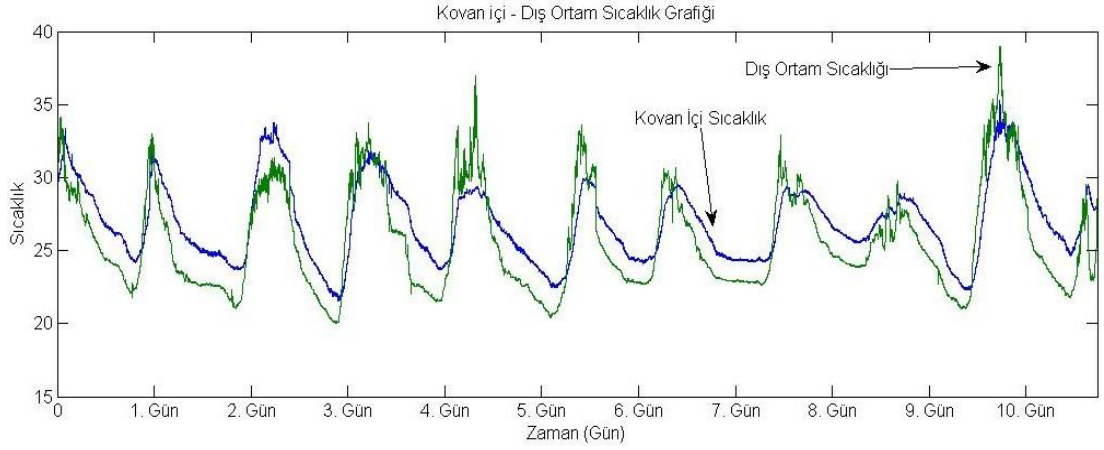
5.1. ARI KOVANI GÖZLEM DENEYİ

Zayıf arı kolonisinin durumunun tespiti ve denetim deneylerinde hangi parametreleri kontrol etmek gerektiğini anlamak için 10 gün boyunca kovan içi sıcaklık, kovan içi nem, dış ortam sıcaklığı, dış ortam nem oranı ve kovan ağırlığı ölçülerek kaydedilmiştir. Ölçüm tarihleri 05/07/2010-14/07/2010 tarihleri arasındadır.



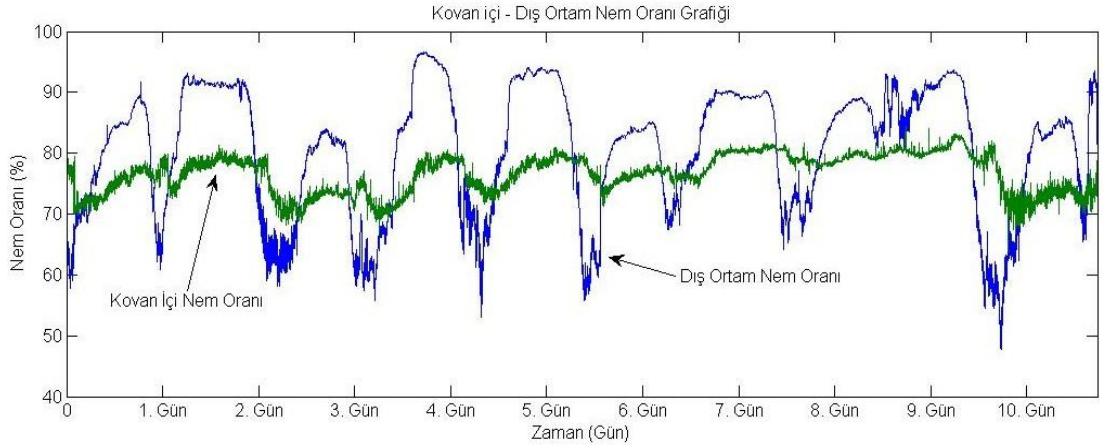
Şekil 5.3. Kovan ağırlığı.

Ölçüm sonrası kovanın ağırlığındaki değişim grafiği Şekil 5.3’de verilmektedir. Dene başlangıcında kovadaki arıların ağırlıkları 1,5 kg dır. Grafikte gösterilen değerler kovanın toplam ağırlığıdır. 10 günlük gözlem sonucunda arı ağırlığında 0,1 kg lık bir artış olmaktadır. Yaz aylarında 10 gün sonucunda oluşan bu artışın zayıf arı kolonisinin kışı geçirmesine yetmeyeceği açıktır. 10 gün boyunca ölçülen sıcaklık değerleri Şekil 5.4’de verilmektedir.



Şekil 5.4. Kovan içi ve dış ortam sıcaklığı.

Zayıf arı kolonisinin dış ortam sıcaklığı 19°C ye kadar düşerken kovan içi de 21 °C ye kadar düşmektedir. Zayıf arı kolonisi kovan içerisini yeteri oranda ısıtamamaktadır. Bu sıcaklıkta zayıf arı kolonisinin normal koloniye dönüşmesi zor olacaktır. Özellikle kış aylarında bu zayıf arı kolonisinin yaşaması mümkün değildir. Gözlem deneyi boyunca ölçülen nem oranının grafiği Şekil 5.5’de verilmektedir.



Şekil 5.5. Kovan içi ve dış ortam nem oranı.

Grafikte dış ortamın nem oranı %90'ları geçince zayıf arı kolonisi kovan içerisinde yeteri oranda iklimlendirme yapamadığı için kovan içerisinde de nem oranı %80 seviyelerini geçmektedir. Kovan içi nem oranının %80'den fazla olması bal arılarının yaşamsal aktivitelerinin yavaşlamasına, hatta uzun süre yüksek nem oranına maruz kalırsa arı ölümlerine bile neden olmaktadır.

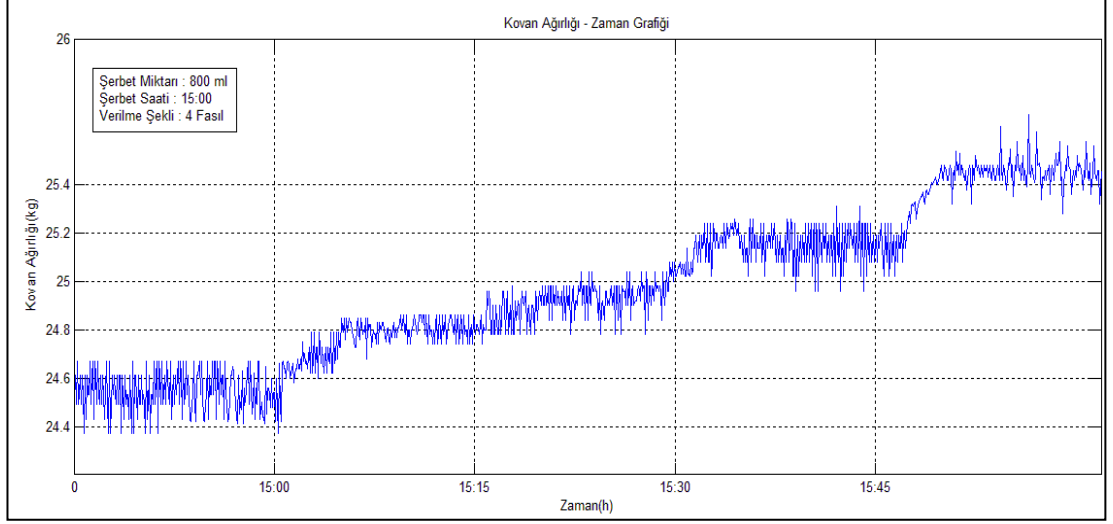
Gözlem deneyi sonucunda sıcaklık ve nem değerlerinin arılar için uygun olan aralıklarda olmadığı görülmektedir. Ayrıca kovan ağırlığında da beklenen artış olmadığı görülmektedir. Zayıf arı kolonisinin gelişip büyümesi ve sağlıklı bir koloniye dönüşmesi için şu yaşamsal destekler verilmelidir:

1. Soğuk iklim koşullarında zayıf arı kolonisinin kovayı yeteri oranda ısıtamayacağı dikkate alınarak kovan içerisi ısıtılmalıdır.
2. Sıcak iklim koşullarında ise zayıf arı kolonisinin kovayı yeteri oranda havalandıramayacağı ve aşırı sıcaklığı düşüremeyeceği dikkate alınarak kovan içerisi havalandırılmalıdır.
3. Aşırı nem bulunan ortamlarda zayıf arı kolonilerinin yeteri oranda iklimlendirme yapamayacağı tespit edildiğinden kovan içerisinde iklimlendirme çalışması yapılmalıdır.
4. Yukarıda bahsi geçen tüm anormal hava koşullarında ve normal hava koşullarında zayıf arı kolonisinin düzenli bir şekilde beslenmesi gerekmektedir.

5.2. ZAYIF BAL ARILARINI BESLEME DENEYİ

Zayıf bal arısı kolonilerinin hızlı bir şekilde çoğalması için düzenli bir şekilde beslenmesi gerekmektedir. Arıcılar arıları genellikle haftada bir ya da ayda bir beslemek suretiyle bakımlarını yapmaktadırlar. Bu şekil besleme ise bal arılarını tembelleştirebilmektedir. Bunu önlemek için zayıf arı kolonilerinin günlük ne kadar şerbete ihtiyacı olduğu hesaplanarak besleme işlemi otomatik olarak yapılmaktadır. Ayrıca arıcı istediği herhangi bir anda da arılara şerbet verebilmektedir. Burada sistem kullanıcısı, arıcılık ile uğraşan kişidir. Eğer kullanıcı bilgisayar tarafındaki programdan şerbetin verilme şeklini belirlemezse mikrodenetleyici tarafındaki

program otomatik olarak akşam güneş batınca kovan içinde kalan şerbet miktarına ve arıların gün içindeki çalışmalarına bağlı olarak otomatik şerbet vermektedir. Şekil 5.6’da kullanıcı tarafından 25/07/2010 saat 15:00’da 800 ml şerbetin 4 fasıla halinde verilmesini gösteren grafik verilmektedir.



Şekil 5.6. Verilen şerbet zaman grafiği.

Deneyde kullanılan şerbetlik deposu 1000 ml’dir. Kovan dışında konumlanmış olan şerbetliğin ağırlığı kovan ağırlığına etki etmemektedir. Ancak kovan içine konulan kovan içi şerbetlik ise 800ml şerbet almaktadır. Şerbet 10 mm çapındaki plastik şeffaf bir boru ile kovan kapağına açılan delikten kovan içi şerbetliğin içine dökülmektedir.

Programda gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra uygula düğmesiyle ayarlar kaydedilir. Daha sonra şerbet verme zamanı geldiğinde seri porttan gerekli bilgiler kablosuz olarak gönderilmektedir. Kovanın içindeki verileri okumaktadır.

5.3. UZMAN SİSTEM İLE KOVAN İÇİ SICAKLIK VE NEM DENETİMİ

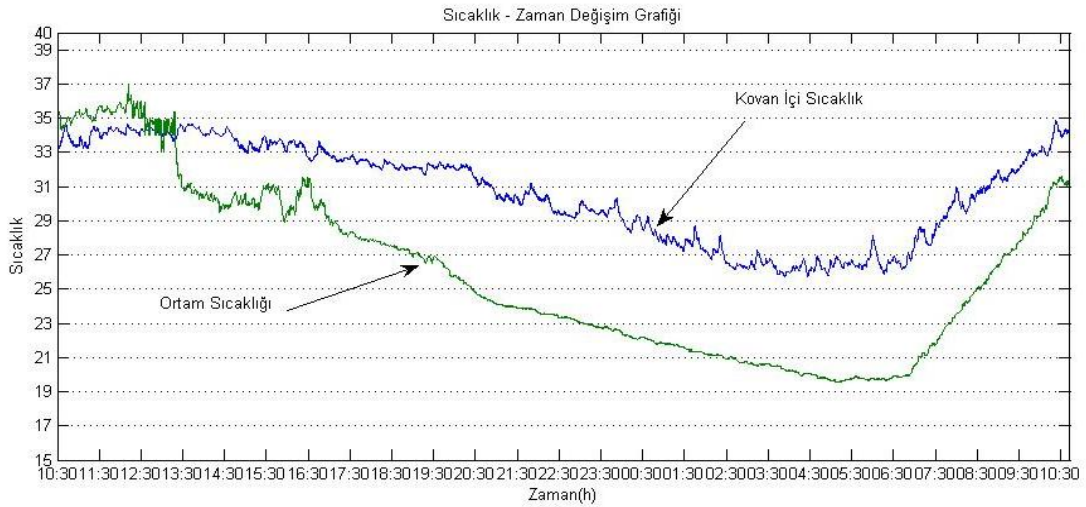
Zayıf arı kolonisine yaşamsal destekler vermek ve güçlü koloniye dönüşmelerini sağlamak için arı kovanının uzman sistem ile denetimi sağlanmaktadır. Uzman sistemde bilgi tabanı kovan içi uygun sıcaklık ve nem çıkarım kuralları kümesinden oluşmaktadır. Bu kurallar gözlem deneyi sonuçlarına bakılarak oluşturulmuştur.

Uzman bilgisine dayanarak geliştirilen örnek kurallar Çizelge 5.1’de verilmektedir.

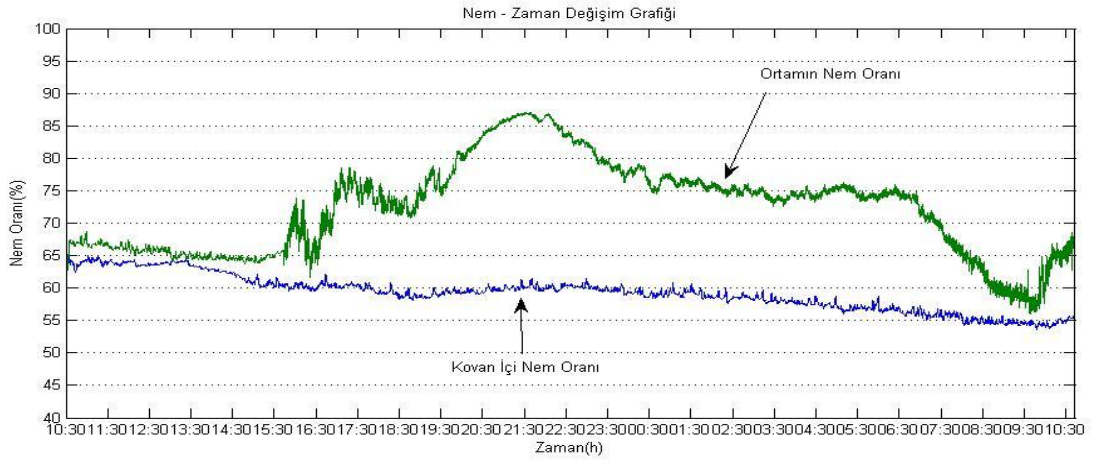
Çizelge 5.1. Uzman sistem örnek kuralları.

IF	Kovan içi Sıcaklık < 30 °C	AND	Kovan içi Nem > 65	THEN	Isıtıcı Çıta ve Havalandırma çitasını çalıştır.
IF	Kovan içi Sıcaklık > 34 °C	AND	Kovan içi Nem > 60	THEN	Havalandırma çitasını çalıştır.
IF	Kovan içi Sıcaklık < 30 °C	AND	Kovan içi Nem = 65	THEN	Isıtıcı Çıtayı çalıştır.

Uzman sistem için gerekli kodlar mikrodenetleyici içerisine gömülmüştür. Denetleyici olarak kullanılan mikrodenetleyici kovan içerisi için uygun nem ve sıcaklık değerine karar verirken aynı zamanda RF ile uzakta bulunan bilgisayara ölçülen parametreleri göndermektedir. Böylece anlık olarak uzman sistemin çalışıp çalışmadığı da kontrol edilebilmektedir. Zayıf arı kolonisinde sıcaklık düşük olduğu zamanlarda kovan içerisine yerleştirilen ısıtıcı çita yardımıyla kovan içerisi ısıtılmaktadır. Bu sayede kovan sıcaklığının arı kolonisine zararlı olabilecek değerlere inmesi otomatik olarak engellenmektedir. Şekil 5.7’de sıcaklık değişim grafiği verilmektedir. Kovan içi nem oranı yüksek olduğu zamanlarda kovan üzerine yerleştirilen step motorlu iklimlendirme çitası küçük hava hareketleri yardımıyla kovan içerisi için uygun nem oranının elde edilmesi sağlanmaktadır. Şekil 5.8’de görüldüğü gibi dış ortam nem oranı arttığında sistem otomatik olarak devreye girmekte ve kovan içi nem oranının ayarlanmasına sağlamaktadır.



Şekil 5.7. Kovan içi ve dış ortam sıcaklığı.



Şekil 5.8. Kovan içi ve dış ortam nem oranı.

Uzman sistem ile kovan içerisinde sıcaklık 4°C kadar artırılmaktadır. Nem oranı ise %60 seviyesinde sabit tutulabilmektedir. Böylece zayıf arı kolonisi için kovan içi uygun sıcaklık ve nem değerleri sağlanmaktadır.

5.4. PID İLE KOVAN İÇİ SICAKLIK DENETİMİ

Zayıf arı kolonisinin kış aylarında kovan içerisinde yeterli oranda ısıtamayacağı gözlem deneyinden anlaşıldığından PID ile kovan içi sıcaklık denetimi yapılmaktadır. Burada PID ile kovan içerisindeki sıcaklığın artışı esnasında ani sıcaklık artışı yapılmamış (arılara zarar verebileceği düşünülerek) ve zamanla sıcaklık set değerine (32°C) ulaşmıştır. PID ile kovan içerisinde ısıtma deneyi için geliştirilen mikrodenetleyici kodunun Pseudocode'u aşağıda verilmektedir. Şekil 5.9'da PID yazılımının ürettiği DGM değerlerinin grafiği verilmektedir.

start:

error = setpoint-actual_position

*integral = integral + (error * dt)*

derivative = (error-previous_error) / dt

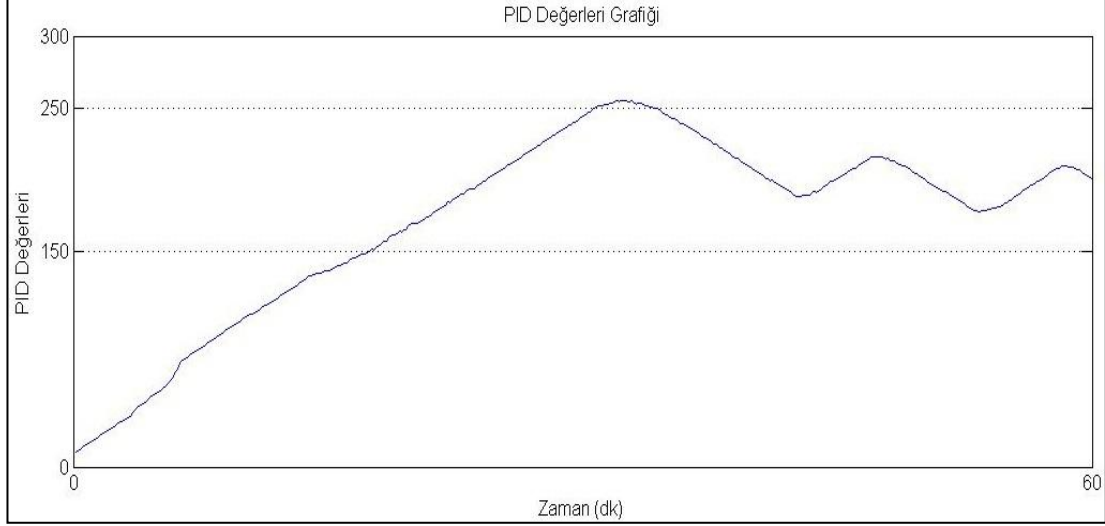
*output = (Kp * error) + (Ki * integral) + (Kd * derivate)*

previous_error = error

wait(dt)

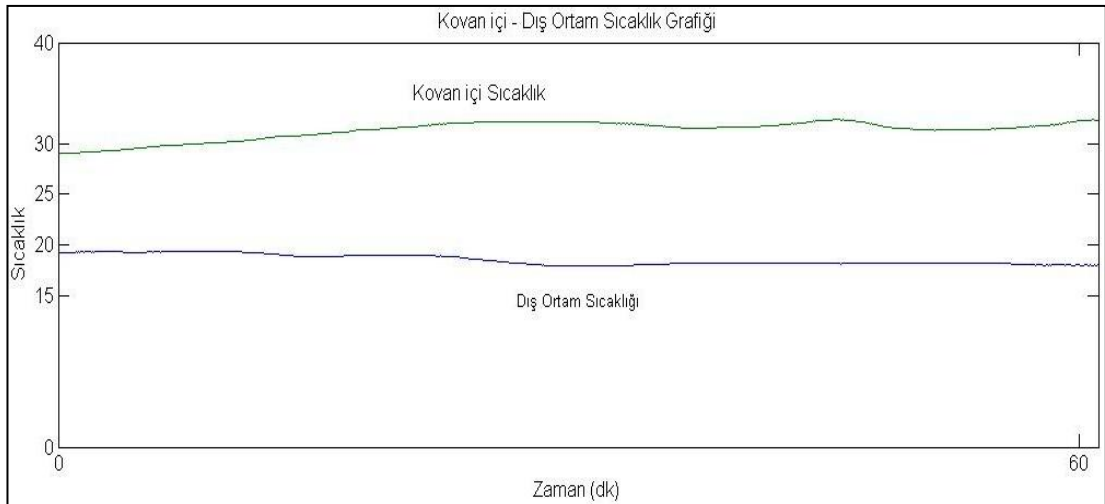
goto start

Burada K_p , K_i , K_d ve dt parametrelerinin değerleri uygun grafiksel sonuçları elde edinceye kadar Ziegler Nichols yöntemiyle değiştirilmiştir. Kovan içi sıcaklık mikrodenetleyicinin DGM çıkışına sürücü devre ile bağlı olan 24V'luk ısıtıcı ereve ile ayarlanmaktadır.

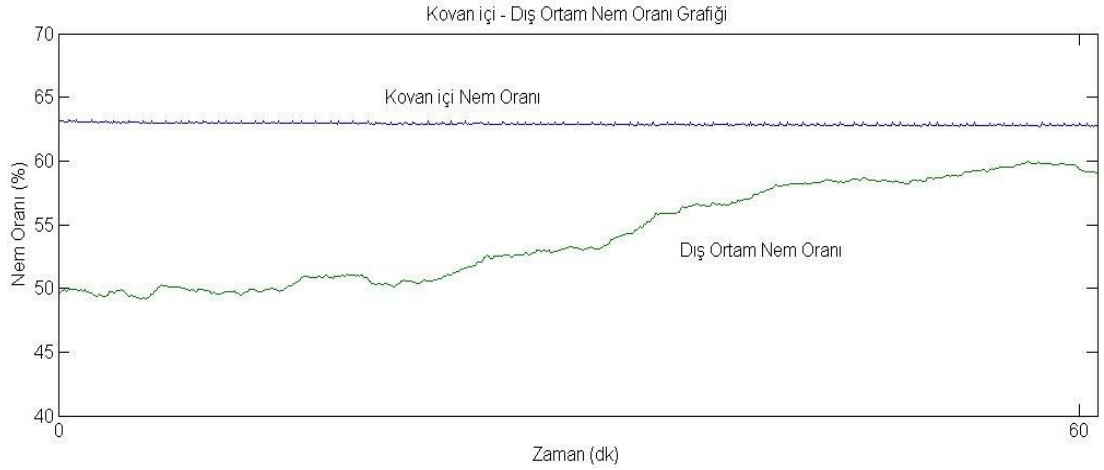


Şekil 5.9. PID değerleri.

PID yazılımında denemeler sonucunda en uygun parametreler bulunmuştur. $K_i = 0,8$; $K_p = 0,45$; $dt = 2$; $K_d = 0$ ve istenen sıcaklık 32°C olarak ayarlanmaktadır. K_d parametre değerinin 0 yapılmasının nedeni kovanda ani sıcaklık değişimlerine karşı arıların tepki vermesidir. Şekil 5.10'da sıcaklık grafiği verilmektedir.



Şekil 5.10. Kovan içi ve dış ortam sıcaklığı.

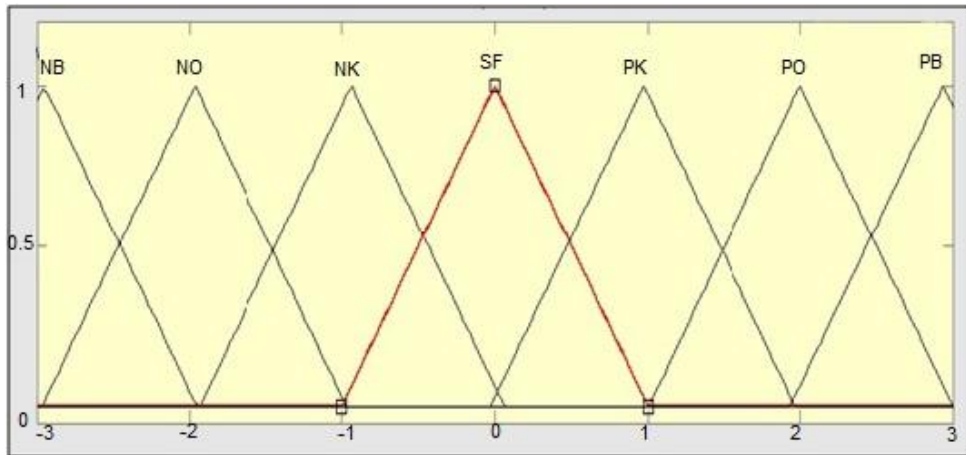


Şekil 5.11. Kovan içi ve dış ortam nem oranı.

Şekil 5.11’de PID deneyi esnasında ölçülen kovan içi nem ve dış ortam nem oranı grafikleri verilmektedir.

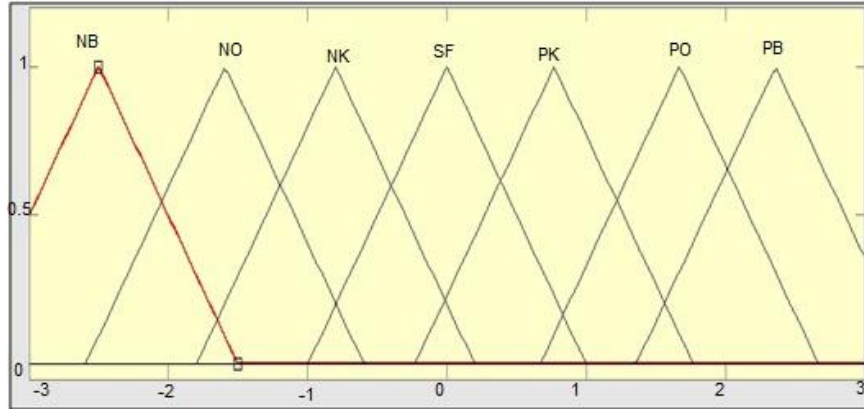
5.5. BULANIK MANTIK İLE KOVAN İÇİ SICAKLIK DENETİMİ

Bal arılarının yaşamsal aktivitelerini en çok etkileyen değişkenlerden biri olan sıcaklık, bulanık mantık ile uygun aralıklarda kontrol edilmektedir. Bulanık mantık hata (e) ve hata değişimi ($e(t)$) olarak iki giriş fonksiyonundan oluşmaktadır. Çıkış fonksiyonu ise DGM değeri 0-255 arası ısıtıcının değeri olmaktadır. Giriş-Çıkış üyelik fonksiyonları 7 adet olup toplam 49 kural yazılmıştır. Şekil 5.12 hata fonksiyonu verilmektedir.



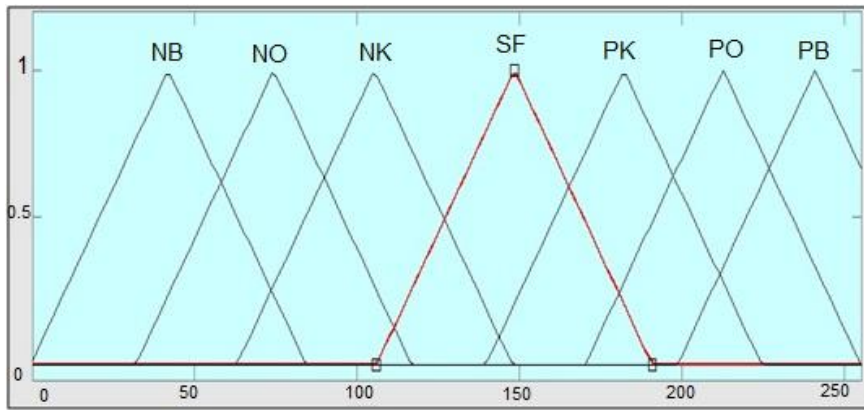
Şekil 5.12. Hata giriş üyelik fonksiyonu.

Üyelik fonksiyonları dilsel ifadeleri NB, NO, NK, SF, PK, PO ve PB (Negatif Büyük, Negatif Orta, Negatif Küçük, Sıfır, Pozitif Küçük, Pozitif Orta, Pozitif Büyük) olarak belirlenmiştir. Sıcaklık bilgisinin set edilen değerden çıkartılmasıyla elde edilen hata bilgisi, 7 adet üyelik fonksiyonu içeren hata giriş fonksiyonuna uygulanmaktadır. O an ölçülen hatanın bir önceki hata değerinden çıkartılmasıyla da hatanın değişimi hesaplanmaktadır. Şekil 5.13'de hata değişimi fonksiyonu verilmektedir.



Şekil 5.13. Hata değişimi giriş üyelik fonksiyonu.

Hata değişimi hata değişimi üyelik fonksiyonuna giriş olarak uygulanmaktadır. Giriş değerlerinin bulanık mantık yazılımına uygulanmasıyla bu değerler bulanık değerlere dönüştürülmektedir. Kesişen noktalarındaki bulanık değerler ve üyelik fonksiyonu adları durulama ve çıkarım için saklanmaktadır. Şekil 5.14'de çıkış üyelik fonksiyonu verilmektedir.



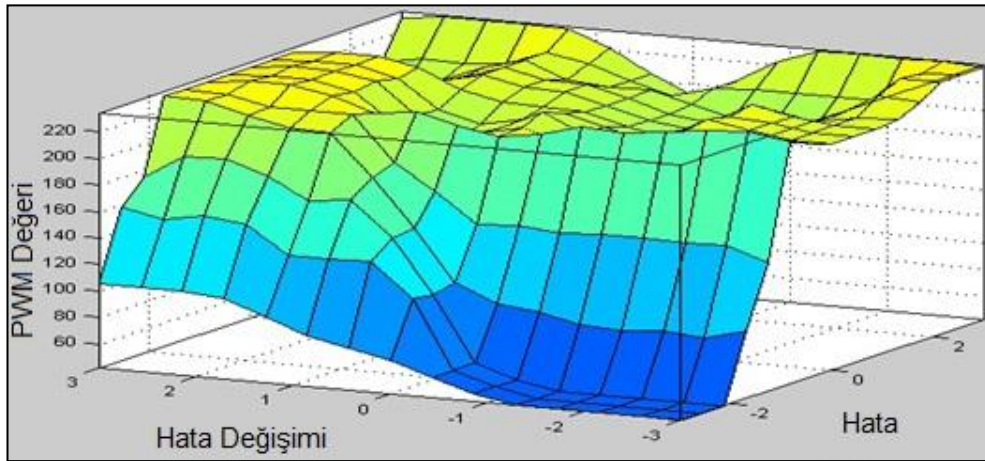
Şekil 5.14. DGM değeri çıkış üyelik fonksiyonu.

Bulanık çıkarım üyelik fonksiyon adları ve bulanık değerler elde edildikten sonra bu değerler oluşturulan 49 adet kuraldan hangi kurallara tekabül ettiği bulunmaktadır. Bulanık çıkarım yöntemi olarak mamdani bulanık çıkarım yöntemi tercih edilmiştir. Kurallara göre çıkış üyelik fonksiyonları tespiti yapılmaktadır. Çıkış üyelik fonksiyonu adı ve değerleri bulunduktan sonra durulama işlemine geçilmektedir. Durulama yöntemi olarak ağırlık ortalama seçilmiştir. Ağırlık ortalama çıkışta etkisi olan üyelik fonksiyonlarının ağırlık merkezleri hesaplanarak bulunmaktadır. Çizelge 5.2’de kural tabanı verilmektedir.

Çizelge 5.2. Kural tabanı.

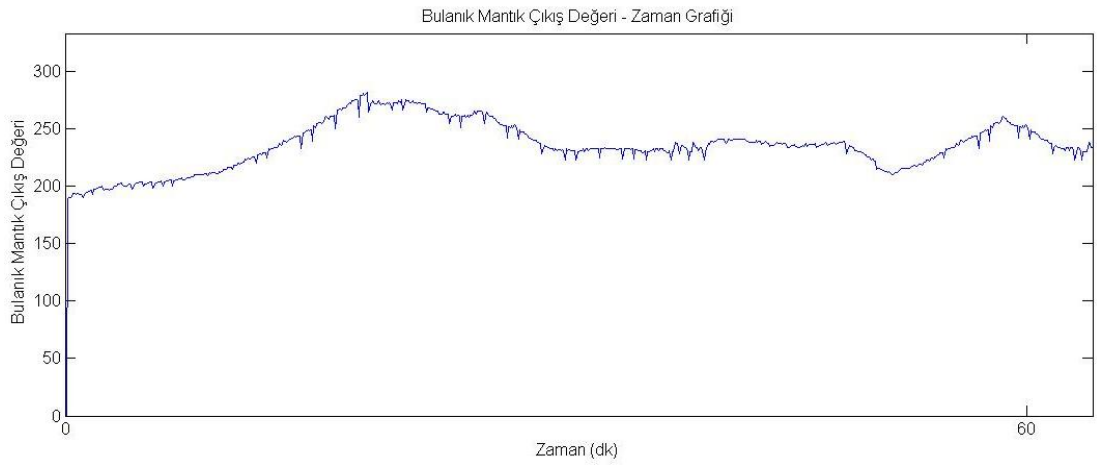
e e(t)	NB	NO	NK	SF	PK	PO	PB
NB	NB	NB	NB	NO	NO	NK	NK
NO	NB	NB	NB	NO	NO	NK	NK
NK	NO	NO	NK	NK	SF	PK	PO
SF	NK	NK	NK	SF	SF	SF	PK
PK	NK	SF	PK	PO	PO	PB	PB
PO	PK	PK	PK	PO	PO	PB	PB
PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB	PB

Yazılan bulanık mantık da Mamdani yöntemi kullanılmaktadır. Şekil 5.15’de giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları arasındaki ilişki verilmektedir.



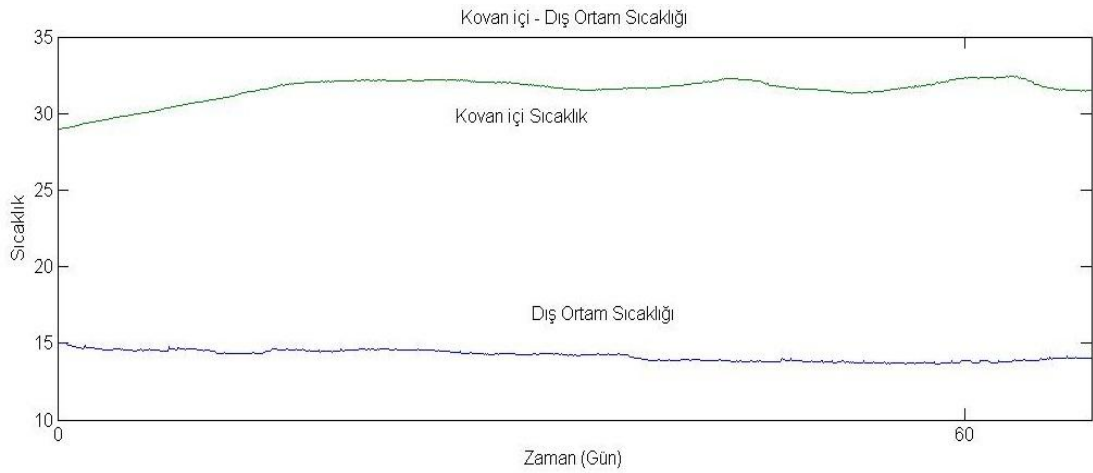
Şekil 5.15. Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları arasındaki ilişki.

Bulanık mantık ile kovan içi sıcaklık denetimi için yapılan denemeler sonucunda uygun kural tabanı bulunmaktadır. Kovan içi sıcaklık denetimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus arıların ani sıcaklık değişimlerinden rahatsız olduklarıdır. Kural tabanı bu amaca uygun şekilde geliştirilmektedir. Deney esnasında kovan içi sıcaklık–nem, dış ortam sıcaklık–nem oranı ve bulanık mantığın oluşturduğu çıkış üyelik fonksiyonu değerleri duru değerler kaydedilmektedir. Şekil 5.16, 5.17 ve 5.18’de kovan içi ve dış ortam sıcaklığı, kovan içi ve dış ortam nem oranı ve üretilen DGM değerlerine ait grafikler verilmektedir.



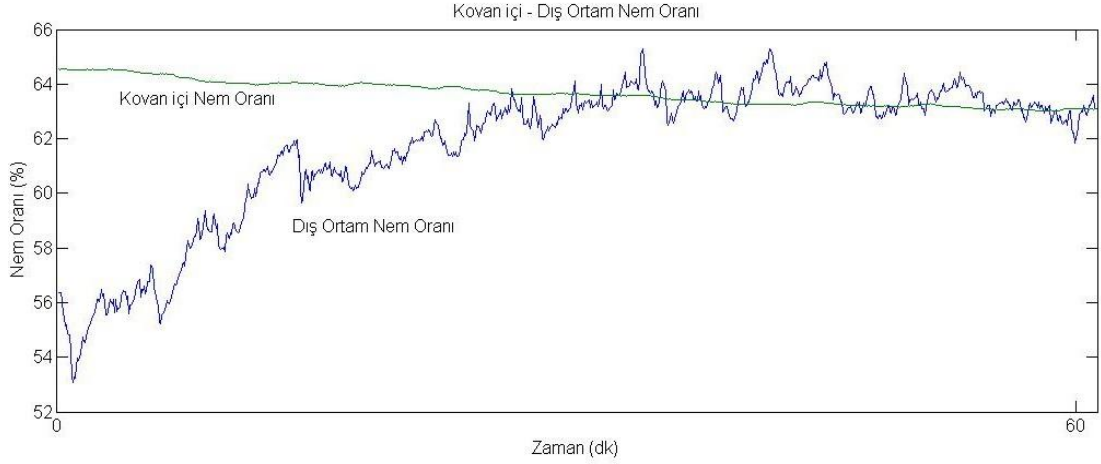
Şekil 5.16. Bulanık mantık çıkış değerleri.

Bulanık mantık yazılımı ilk başlangıçta 0 değerinden başlayıp kural tabanına bağlı olarak değer üretmektedir. Yapılan deney 1 saatliktir.



Şekil 5.17. Kovan içi ve dış ortam sıcaklığı.

Deney akşam üzeri saatlerinde yapıldığından dış ortam sıcaklığı düşmektedir. Ancak geliştirilen bulanık mantık yazılımı kovan içi sıcaklığı 32°C sabit tutmaktadır.



Şekil 5.18. Kovan içi ve dış ortam nem oranı.

Uzman sistem yazılımı bir gün boyunca çalıştırılmıştır. Normalde arıların yapması gereken kovan içi sıcaklığı artırmak ve fazla nemi kovandan uzaklaştırmak gibi görevler bu sistem ile otomatik ayarlanmaktadır. Bu da arıları başka görevlere yönlendirmektedir. Deney esnasında kovan içi uygun değerler sağlandığından arıların daha fazla uçuşa çıktıkları görülmüştür. Bu artış üretilen bal miktarına yansımaktadır. Arılar daha az havalandırma ve ısıtma işi yapmıştır. Ek Açıklamalar A.1’de deney sonrası arı kolonisi verilmektedir. Arı kolonisi deney sonunda 5 çerçevelik koloni haline gelmiştir. Deney başlangıcında arı kolonisi 1,5 kg iken deney sonunda arı kolonisinin ağırlığı 3,27 kg olmuştur. Uzman sistem yazılımı ile kontrol edilen parametreler Çizelge 6.1’de görülmektedir.

Çizelge 6.1. Uzman sistem deney sonuçları.

Uzman Sistem	Minimum	Maksimum	Ortalama
Kovan İçi Sıcaklık	25,72°C	34,86°C	30,68°C
Dış Ortam Sıcaklığı	19,53°C	36,97°C	26,00°C
Kovan İçi Nem Oranı	%53,53	%65,20	%59,24
Dış Ortam Nem Oranı	%40,93	%87,09	%70,95

BÖLÜM 6

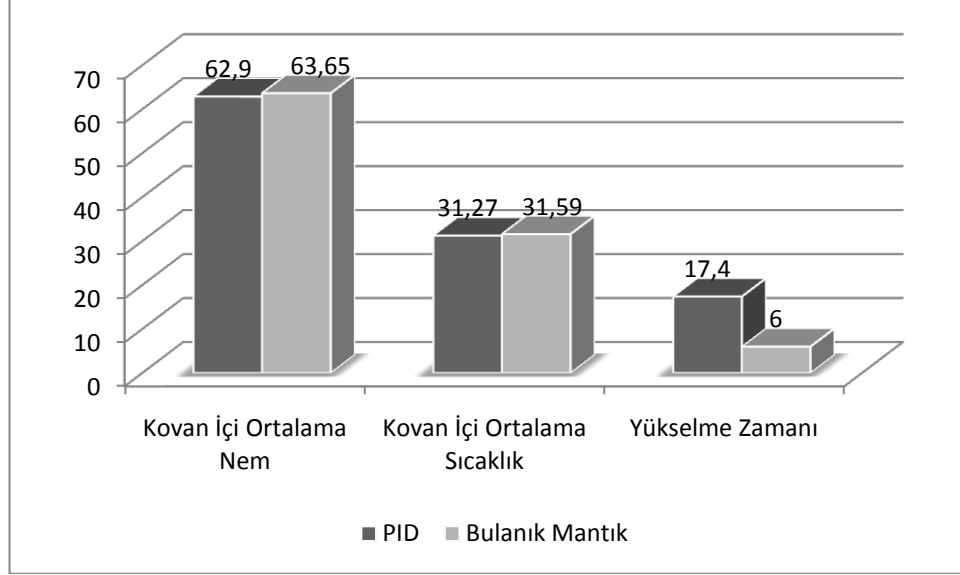
SONUÇ VE ÖNERİLER

Zayıf arı kolonisinin güçlenmesi ve sağlıklı bir koloniye dönüşmesi için uygun sıcaklık ve nem değerleri uzman sistem ile ayarlanmaktadır. Ayrıca düzenli beslenmesi gereken arı kolonisi otomatik şerbetlik ile düzenli olarak beslenmesi yapılmaktadır. Geliştirilen sistemde; uzman sistem yazılımı ile kovan denetimi deneyinde kovan içi sıcaklık 26°C de sabitlenmiştir. Deney esnasında dış ortam sıcaklığı 19°C lere kadar düşmektedir. Kovan içi sıcaklıkta 4°C lik artış olmaktadır. Kovan içi nem ise % 65 ler seviyesinde ayarlanmaktadır. Dış ortamın nem oranı %80 oranlarındadır. Bu değerler geliştirilen kovan tasarımının ve uzman sistem yazılımının zayıf arılar üzerinde başarı sağladığını ve uygulanabileceğini göstermektedir.

Arıcılar zayıf arıları kış döneminde kovan birleştirerek kazanmakta ya da kendi kaderlerine bırakmaktadırlar. Kış mevsiminde sıcaklıkta çok fazla düşüş olduğundan ve zayıf arılar da kovan içerisini yeterince ısıtamadığından ölmektedirler. Bu çalışma için geliştirilen ısıtıcı çerçevenin kovan içerisini yeterince ısıtıp ısıtamayacağını öğrenmek için PID ve bulanık mantık yazılımlarının kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Bu deneylerde kovan içerisi 29°C iken deneylere başlanmış ve kovan içerisi 32°C'de sabitlenmek istenmiştir. Deney süresi 1 saat olarak belirlenmiştir. Şekil 6.1'de denetim yöntemlerinin deney sonuçlarının karşılaştırılması verilmektedir.

Deney sonuçlarından da anlaşılacağı üzere kovan içi sıcaklık PID ve bulanık mantık ile kontrol edilebilmektedir. Şekil 6.1'de görüldüğü gibi bulanık mantık yaklaşımı PID' ye göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Ayarlanan sıcaklığa bulanık mantık daha çabuk ulaşmıştır. Kovan içi ortalama sıcaklık değeri de daha yüksek olarak gerçekleşmiştir. Dünyada ve ülkemizde arılar üzerine birçok araştırma

yapılmasına rağmen zayıf arılar üzerine yapılan çalışma sayısı çok azdır. Yapılan bu çalışmada arıcılara yeni bir kovan tasarımı sunulmaktadır.



Şekil 6.1. PID ve Bulanık mantık deney sonuçlarının karşılaştırılması.

Geliştirilen sistem sayesinde arı yetiştiricileri zayıf ve bakıma muhtaç arılarını normal bir koloni haline rahatlıkla dönüştürebilmeleri amaçlanmıştır. Gezici arıcılık yapan üreticilerin taşındıkları bölgenin bal verimini ve çevre şartlarını rahatlıkla izleyip arılar için uygun olup olmadığını öğrenmeleri hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın ışığında ileride yapılacak diğer çalışmalarda arı kovanlarının uzaktan izlenmesi ve denetimi için başka denetim yöntemleri kullanılabilir. Ülkemizdeki tüm arı kovanlarının izlenmesi ve anlık bilgi alınması sağlanabilir. Zayıf bal arılarını besleme deneyinde kullanılan şerbet yerine arılar için daha faydalı olan polen ve bal karışımları da kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Erdoğan, Y., “Rezistanslı ve fanlı ahşap ve tecritli kovanlardaki balarısı (*Apis Mellifera* L.) kolonilerinin performansları”, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 18-30 (2007).
2. Şahinler, N. ve Cengiz, M., M., “Avrupa birliği ülkeleri ve Türkiye arıcılığına bir bakış”, *2. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi*, Muğla, 11-17 (2010).
3. Akkaya, H., “Son yıllarda sıklıkla karşılaşılan nedeni bilinmeyen arı ölümleri ve bunlara karşı çözüm önerileri=besinsel ve çevresel ilişkiler”, *2. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi*, Muğla, 103-110 (2010).
4. Özbek, H., “Arılar ve inseksitler”, *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 10(3): 85-95 (2010).
5. Handersen, C., Tarver, L., Plummer, D., Seccomb, R., Debnam, S., Rice, S. and Bromenshenk, J., “US National bee colony loss survey preliminary findings with respect to colony collapse disorder”, *Bee Alert Report*, USA, 802: 8-10 (2007).
6. Morse, R., A. and Calderone, N., W., “The value of honey bees as pollinators of US crops in 2000”, *Bee Culture*, 128: 1-15 (2000).
7. Franks, N., R., Pratt, S., C., Mallon, E., B., Britton, N., F. and Sumpter, D., J., T., “Information flow, opinion polling and collective intelligence in house-hunting social insects”, *The Royal Society*, 357(1427): 1567-1583 (2002).
8. Seeley, T., D. and Visscher, P., K., “Group decision making in nest site selection by honey bees”, *Apidologie*, 49(5): 416-427 (2004).
9. Seeley, T., D. and Visscher, P., K., “Choosing a home how the scouts in a honey bee swarm perceive the completion of their group decision making”, *Behav Ecol Sociobiology*, 54: 511-520 (2003).
10. Schneider, S., S. and Lewis, L., A., “The vibrational signal modulatory communication and organization of labor in honey bees”, *Apis Mellifera*, 35(2): 117-131 (2004).
11. Stabentheiner, A., Kovac, H. and Schmaranzer, S., “Honeybee nestmate recognition: the thermal behaviour of guards and their examinees”, *The Journal of Experimental Biology*, 205(17): 2637-2642 (2002).
12. Wineman, E., Lenski, Y. and Mahrer, Y., “Solar heating of honey bee colonies during the subtropical winter and its impact on hive temperature”, *American Bee Journal*, 143: 565-570 (2003).

13. Bruce, W., A., Needham, G., R. and Potts, W., J., E., “The effects of temperature and water vapor activity on water loss by varroa jacobsoni (Acari: Varroidae)”, *Amer Bee Journal*, 137: 461-463 (2005).
14. Navrat, P. and Kovacik M, “Web search engine as a bee hive”, *Web Intelligence and Agent Systems*, 6: 441-452 (2008).
15. Ferrari, S., Silva, M., Guarino, M. and Berckmans, D., “Monitoring of swarming sounds in bee hives for early detection of the swarming period”, *Computer and Electronics in Agriculture*, 64(1): 72-77 (2008).
16. Przemyslaw, G. and Michal, C., “Social versus individual:a comparative approach to thermal behaviour of the honeybee (*Apis mellifera* L.) and the American cockroach (*Periplaneta americana* L.)”, *Journal of Insect Physiology*, 51(3): 315-322 (2005).
17. Navrat P., Lucia, J., Tomas, J., Anna, B., E. and Vierra, R., “Exploring social behaviour of honey bees searching on the web”, *International Conferences on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, California, 21-25 (2007).
18. Humphrey, J., A., C. and Dykes, E., S., “Thermal energy conduction in a honey bee comb due to cell-heating bees”, *Journal of Theoretical Biology*, 250(1): 194-208 (2007).
19. Tovey, C., “The honey bee algorithm: A biological inspired approach to internet server optimization”, *Engineering Enterprise*, 4: 13-15 (2004).
20. Pham, D., T, Darwish, A., H., Eldukhri, E., E. and Sameh, O. “Using the bees algorithm to tune a fuzzy logic controller for a robot gymnast”, *3rd International Virtual Conference On Intelligent Production Machines and Systems(IPROMS)*, Cardiff, UK, 546-551 (2007).
21. Lerrer, A., U., Zinger-Yosovich, B., Avrahami, K., D. and Gilboa-Garber, B., N., “Honey and royal jelly, like human milk, abrogate lectin-dependent infection-preceding *Pseudomonas aeruginosa* adhesion”, *International Society for Microbial Ecology Journal*, 1(2): 149-155 (2007).
22. Higes, A.,U., Esperon, M. and Sanchez-Vizcaino, F., “First report of black queen-cell virus detection in honey bees (*Apis mellifera*) in Spain”, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(6): 749-751 (2007).
23. Şimşek, H., “Elazığ yöresi bal arılarında bazı parazit ve mantar hastalıklarının araştırılması”, *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 52(2): 123-126 (2005).
24. Korkmaz, A. ve Öztürk, C., “Küreselleşme sürecinde ülkemiz arıcılığı için olası bir zararlı: Küçük kovan böceği”, *Alatarım*, 3(1): 12-15 (2004).

25. Smith, A., U., Bromenshenk, G., C., Jones, J., J. and Alnasser, D., C., "Honey Bees", *CRC Press*, USA, 12-41 (2002).
26. Reynolds, A.,U. and Riley, J., R., "Remote-sensing, telemetric and computer-based technologies for investigating insect movement: a survey of existing and potential techniques", *Computer and Electronics in Agriculture*, 35(2-3): 271-307 (2002).
27. Pohl, A.,U., "Thermo-insulating properties of bee-hive walls designed under the bionic inspiration of the honeycomb", *Warsaw University of Life Sciences*, 15(6): 56-60 (2007).
28. Schmidt, A., U., "Attractant or pheromone: the case of Nasonov secretion and honeybee swarms", *Journal of Chemical Ecology*, 25(9): 2051-2056 (1999).
29. Pankiw, T., "The honey bee foraging behavior syndrome: quantifying the response threshold model of division of labor", *Swarm Symposium*, Hawaii, 1-6 (2005).
30. Kandemir, İ., "Amerika Birleşik Devletlerinde toplu arı ölümleri ve koloni çökme bozukluğu (KÇB) üzerine bir derleme", *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 24(2): 63-69 (2007).
31. Vornicu, A., U., Lazar, O., C. and Vasile, S., "Multiple monitoring of the beehive microclimate", *Engineering for Rural Development*, 4: 28-29 (2009).
32. Çetin, U., "Isı değişimlerinin arı kayıplarına etkileri", *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 4: 171-175 (2004).
33. Oskay, D., "Bal arısı ırklarının çeşitliliğinin korunması, kolonilerin yönetimi ve genetik yapılarının istenen yönde geliştirilmesi üzerine model oluşturulması", *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 8(2): 63-72 (2008).
34. Bilici, S., "Bal Arısı Biyolojisi ve Yetiştiriciliği", *Eflatun Yayınevi*, Ankara, 12-34 (2009).
35. Özbek, H., "Türkiye’de arılar ve tozlaşma sorunu", *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 3(3): 41-45 (2003).
36. İnternet: "Probolis ve Arı Zehiri", <http://www.tarim.gov.tr/uretim/Arıcılık,ariyetistiriciligi.html> (2010).
37. Delaplane, K., S. and Mayer, D., F., "Crop pollination by bees", *CABI Publishing, University Press*, 90: 449-450 (2000).
38. İnternet: "Langtroth Kovan", <http://www.ayazarikovani.com/LangtrothKovan> (2010).

39. İnternet: Kartal İlçe Tarım Müdürlüğü, “Dadant Kovan Özellikleri”, <http://www.kartaltarim.gov.tr> (2010).
40. Huang, Z., “Method and apparatus for control of mites in a beehive”, US 6,475,061 B1, *United States Patent* (2002).
41. Raymod, J., S., “Method and apparatus for separating or extracting bees”, US 4,776,051, *United State Patent* (1998).
42. Stearns, D., G., “Solar–Powered beehive cooler and ventilator”, WO 96/28018, *United State Patent* (1996).
43. Herve, R., “Dispositif autonome permettant la surveillance a distance d’une ruche”, EP 1 477 058 A1, *Avrupa Patent Ofisi* (2004).
44. Bromenshenk, J., J., “Honey bee hive monitoring system”, PCT/US03/24079, *United States Patent* (2002).
45. İnternet: Kepez Pastik İnş. Turz. San. Tic. Ltd. Şti, “Termal kovan”, <http://www.kepezplastik.com.tr/index.html> (2010).
46. Elmas, Ç., “Yapay zeka uygulamaları”, *Seçkin Yayınevi*, Ankara, 21-22 (2007).
47. Topuz, V., “Bulanık genetik proses kontrolü”, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 5-13 (2002).
48. Albayrak, A., Bayır, R., “Zeki denetimli arı kovani”, *2.Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi*, Muğla, 177-186 (2010).
49. Çelikel, K., H., “Taşıt süspansiyon sistemlerinin bulanık mantık ayarlı PID kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 17-22 (2006).
50. Koçak, E., “Alternatörlerde hata teşhisinin gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 15-22 (2010).
51. İnternet: “Bulanık mantık”, <http://www.ta-eng.com/industry/mforum/fuzzy/preface.htm> (2010).
52. Şen, Z., “Bulanık (Fuzzy) mantık ve modelleme ilkeleri”, *Bilge Sanat Yapım Yayınevi*, İstanbul, 29-33 (2001).
53. Çiftçi, H., “Fuzzy logic approximation for some mathematical functions”, Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi*, Eskişehir, 25-27 (2002).
54. İnternet: Pulse Elektronik, “PL serisi yük hücresi (Load Cell)”, http://www.puls.com.tr/yuklenen_dosyalar/urun_dokumanlari/pl_serisi_load_cell_yuk_hucresi_brosur.pdf (2010).

55. İnternet: Senecauc, “Z-SG Load Cell Converter”, http://www.senecauc.com/acatalog/ZSG__Strain_Gauge_Load_Cell_Converter.html (2010).
56. İnternet: “Isıtıcı çerçeve (Rezistans) hesabı”, http://rezistans.elektromarket.web.tr/?273/rezistans_telleri (2010).
57. İnternet: Sensirion, “SHT11 nem ve sıcaklık algılayıcı”, http://www.sensirion.com/en/pdf/product_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf (2010).
58. İnternet: “Adım motor”, <http://www.datasheet catalog.com> (2010).
59. İnternet: “Radio frekansı”, <http://www.emo.com/rf/> (2010).
60. İnternet: Gevax, “Solenoid valf”, <http://www.gevax.com/detaylar/431-KDEB-030.htm> (2010).
61. İnternet: Solen enerji, “Güneş paneli ve şarj düzenleyici”, <http://www.solenenerji.com.tr/pv/urunSATISI/kristaline.php> (2010).
62. İnternet: Udea Wireless Technology, “UFM-M12 RF modem”, <http://www.udea.com.tr/selectedItem.aspx?ID=44> (2010).
63. İnternet: MicroChip Technology, “18F452 Mikro denetleyici DataSheet”, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39564c.pdf> (2010).
64. İnternet: “Max232 ”, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/device doc/39564c.pdf> (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet ALBAYRAK 1983 yılında Trabzon'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Anadolu Meslek Lisesi Bilgisayar Bölümü'nden mezun oldu. 2004 yılında Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2008 yılında mezun oldu. 2008 yılında Karabük Üniversitesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi A.B.D'da yüksek lisans eğitimine başladı. Halen aynı bölümde lisansüstü eğitimine devam etmektedir. 2010 yılında Sinop Üniversitesi Ayancık M.Y.O'nda öğretim görevlisi olarak göreve başladı ve halen aynı kurumda çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Sinop Üniversitesi Ayancık Meslek Yüksekokulu Ayancık / Sinop
Tel : (535) 681 9066
E-posta : aalbayrak@sinop.edu.tr

EK AÇIKLAMALAR A
DENEY SONRASI ARI KOLONİSİ



a) Çerçeve 1 Sol.



b) Çerçeve 1 Sağ.



c) Çerçeve 2 Sol.



d) Çerçeve 2 Sağ.



e) Çerçeve 3 Sol.



f) Çerçeve 3 Sağ.



g) Çerçeve 4 Sol.



h) Çerçeve 4 Sağ.

Şekil A.1. Deney sonrası arı kolonisi.