

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR İLE BAL ARISI
KOLONİLERİNİN İZLENEREK ARICILIK
POTANSİYELİNİN TAHMİNİ İÇİN ZEKİ KARAR
DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

**2017
DOKTORA TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

AHMET ALBAYRAK

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR İLE BAL ARISI KOLONİLERİNİN
İZLENEREK ARICILIK POTANSİYELİNİN TAHMİNİ İÇİN ZEKİ KARAR
DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

AHMET ALBAYRAK

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Doktora Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Aralık 2017

Ahmet ALBAYRAK tarafından hazırlanan “KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR İLE BAL ARISI KOLONİLERİNİN İZLENEREK ARICILIK POTANSİYELİNİN TAHMİNİ İÇİN ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Raif BAYIR

Tez Danışmanı, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 25/12/2017

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

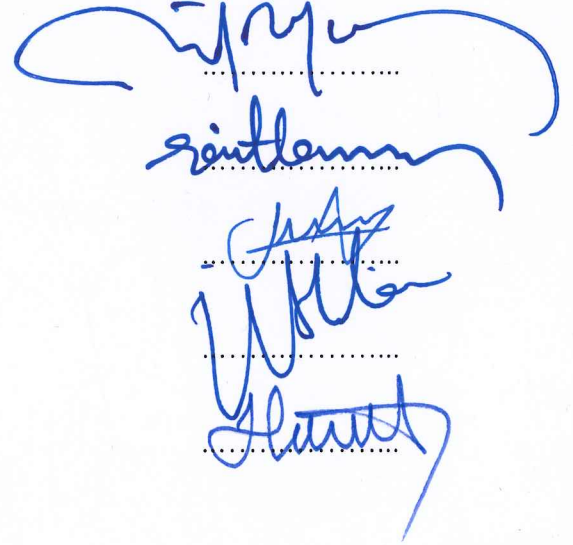
Başkan : Prof. Dr. İsmail RAKIP KARAŞ (KBÜ)

Üye : Prof. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fecir DURAN (GÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ümit ATİLA (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hilal KAYA (YBÜ)



...../...../2017

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

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.





“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

Doktora Tezi

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR İLE BAL ARISI KOLONİLERİNİN İZLENEREK ARICILIK POTANSİYELİNİN TAHMİNİ İÇİN ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Ahmet ALBAYRAK

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Raif BAYIR

Aralık 2017, 118 sayfa

Bu çalışmada, ülkemizde önemli bir tarımsal faaliyet olan gezgin arıcılığın modernizasyonu ve teknoloji ile entegre edilmesi üzerine odaklanılmaktadır. Gezgin arıcılar nektar ve polen taşıyan bitkilerin çiçeklenme dönemlerini tecrübeye dayalı ve niteliksel olarak takip etmektedirler. Bu durum çiçeklenme dönemlerinde arılar için nektar ve polen kaynağı haline gelen bitkilerin öznel olarak değerlendirilmesi nedeniyle bal üretimini çoğunlukla olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada öncelikle bitkilerdeki nektar akışının tespiti için ölçeklenebilir, düşük maliyetli ve az enerji harcayan kablosuz algılayıcı ağ (KAA) kurulumu ve nektar akış tespiti yapılmıştır. Deneysel çalışmalar kapsamında, Trabzon ili Dernekpazarı bölgesinde yoğun miktarda nektar ya da polen barındıran bitkilerin çiçeklenme dönemlerine göre nektar akışının değişimi bir ay boyunca gözlenmiştir. Deneysel çalışma iki adet deney iki adet kontrol kovanı olmak üzere dört adet arı kovanı (kolonisi) ile gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen nektar akışı ve bal üretimi (arıcılık potansiyeli) tahmini niceliksel ölçme aracı ile uzman paydaş görüşleri değerlendirilerek arıcıların bal üretimini arttırmak için kullanabileceği dinamik bir karar destek sistemi (KDS) geliştirilmiştir. Arı yetiştiricisi internet üzerinden sisteme girip gitmek istediği bölge ile ilgili; ne kadar bal üretebileceğini, bölgenin bal verimi açısından (iyi, orta, kötü) sınıflandırmasını, ne tür bal üreteceğini ve bölge için en uygun yükselti ve zaman dilimlerini öğrenebilmektedir. KDS'nin bu çıktıları bölgenin arıcılık potansiyelini de vermektedir. KDS, bulanık bilişsel haritalar (BBH) kullanılarak geliştirilmiştir. BBH'nın kavramsal modelleme aşamasında bilişsel harita istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Doğrulama amacıyla gerçekleştirilen çoklu doğrusal regresyon sonucunda bilişsel haritanın %82,3 oranında problemi (bal üretimi- arıcılık potansiyeli) tanıdığı/açıkladığı görülmüştür. Karar destek sistemi lineer olmayan Hebbian öğrenme algoritması ile entegre edilerek zeki karar destek sistemi (ZKDS) haline getirilmiştir. ZKDS, KAA ile bir ay boyunca nektar akış ölçümü yapılan bölgeden elde edilen bilgiler ile karşılaştırılmıştır. ZKDS, KAA ile test edildiğinde %79,8'lik doğrulukta çalıştığı görülmektedir. Ayrıca ZKDS 2017 yılında üç farklı bölgede arı kolonilerini konaklatmış olan bir gezgin arıcının elde ettiği kovan başına bal üretimi ile de karşılaştırılmıştır. Gezgin arıcı bilgileri ile ZKDS karşılaştırması sonucuna göre, %81,7'lik doğruluk oranı elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Nektar Akışı, Zeki Karar Destek Sistemi, Bulanık Bilişsel Haritalar ve Hebbian Öğrenmesi.

Bilim Kodu : 924.1.182

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

DEVELOPMENT OF THE INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE ESTIMATION OF BEEKEEPING POTENTIAL BY MONITORING HONEY BEE COLONIES WITH WIRELESS SENSOR NETWORKS

Ahmet ALBAYRAK

**Karabük University
Institute of Science and Technology
Department of Computer Engineering**

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Raif BAYIR

December 2017, 118 pages

In this thesis study, migratory beekeeping is an important agricultural activity in our country, focuses on the modernization and integration with technology. Migratory beekeepers follow experiential and qualitative flowering periods of plants carrying nectar and pollen. This often negatively affects honey production because the plants that become nectar and pollen source for bees in flowering periods are subjectively evaluated. In this study, firstly, scalable, low-cost and low-energy wireless sensor network (WSN) setup and nectar flow detection were performed to determine the flow of nectar in plants. Within the scope of experimental studies, the fluctuation of nectar flow according to the flowering periods of plants containing intense nectar or pollen in Trabzon province Dernekpazarı region was observed for one month. Experimental study was carried out with four beehives (colony), two experiments and two controls.

A dynamic decision support system (DSS) has been developed, which can be used by beekeepers to increase honey production by evaluating expert stakeholder views with quantitative measurement tool, which is an estimated nectar flow and honey production potential (beekeeping potential). The beekeeper enters the system via the internet and wants to go to the region; how to produce honey, how to classify the region in terms of honey production (good, medium, bad), what kind of honey to produce, and the most suitable altitudes and time periods for the region. These outputs of the DSS also give the region the beekeeping potential. DSS was developed using fuzzy cognitive maps (FCM). The cognitive map of the conceptual modeling stage of the FCM was statistically analyzed. Because of the multiple linear regression performed for validation, it was seen that the cognitive map recognized 82.3% of the problem (honey production - beekeeping potential). The decision support system has been integrated with the non-linear Hebbian learning algorithm into an intelligent decision support system (IDSS). IDSS was compared with the data obtained from the region where nectar flow measurement was performed for one month with WSN. IDSS, when tested with WSN, seems to work at 79.8% accuracy. The IDSS is also compared to honey production per hive obtained by a migratory beekeeper who has colonized bee colonies in three different regions in 2017. According to the results of IDSS comparison with migratory's beekeeping information, 81.7% accuracy was obtained.

Key Word : Wireless sensor network, nectar flow, intelligent decision support system, fuzzy cognitive map and Hebbian learning.

Science Code : 924.1.182

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Raif BAYIR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezin her aşamasında bilgi ve tecrübesinden faydalandığım ve çalışmamı yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Fecir DURAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın bilimsel temelini oluşturmada ve deneylerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, kardeşim Muammer ALBAYRAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın paydaşları olan Trabzon Arıcılar Birliği ve Başkanı Zekeriya AYDIN'a ve bünyesinde faaliyet gösteren gezgin arıcılara ve Düzce Üniversitesi Arıcılık Araştırma, Geliştirme ve Uygulama Merkezi müdürü Yrd. Doç. Dr. Meral KEKEÇOĞLU'na verdikleri değerli bilgiler için teşekkür ederim. Ayrıca Ordu Arıcılar Birliği Başkanı Akın Çifçi'ye de verdiği değerli bilgiler için teşekkür ederim.

Değerli aileme ve sevgili eşime manevi hiçbir yardımı esirgemediğim yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, KBU-BAP-15/2-DR-025 kodlu Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında Karabük Üniversitesi tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimini'ne 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	4
LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	4
BÖLÜM 3	14
BAL ARILARI VE ARICILIK.....	14
3.1. BAL ARISI	14
3.2. ARICILIK	18
BÖLÜM 4	21
MATERYAL VE METOT	21
4.1. NEKTAR AKIŞINI ÖLÇMEK İÇİN GELİŞTİRİLEN DENEY DÜZENEGİ.....	21
4.1.1. Arduino Mega 2560	22
4.1.2. Enerji Ünitesi Cihazları	23
4.1.3. Algılayıcı Cihazlar.....	24
4.1.4. İletişim Cihazları	27
4.1.5. Deneyde Kullanılan Bal Arıları	29

	<u>Sayfa</u>
4.1.6. Deneyde Kullanılan Web Alanı ve Özellikleri.....	30
4.2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR.....	31
4.2.1. ZigBee Haberleşme Standardı	35
4.2.2. ZigBee Aygıt Tipleri.....	36
4.3. KARAR DESTEK SİSTEMLERİ.....	40
4.3.1. Zeki Karar Destek Sistemleri	42
4.3.2. Bulanık Mantık	46
4.3.3. Bulanık Bilişsel Haritalar	48
 BÖLÜM 5	 53
GEZGİN ARICILAR İÇİN ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ.....	 53
5.1. GEZGİN ARICILAR İÇİN NEKTAR AKIŞININ TESPİTİ.....	53
5.2. ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ.....	56
5.2.1. Paydaşların Belirlenmesi ve Uzmanların Seçimi	56
5.2.2. Kavramsal Modelleme.....	57
5.2.3. Modelin Geliştirilmesi	60
5.2.4. İstatistiksel Analiz	63
5.2.5. Hesapsal Modelleme.....	72
5.3. DENEYSEL SONUÇLAR.....	76
5.3.1. Nektar Akışı Ölçüm Deneyi	76
5.3.2. Zeki Karar Destek Sistemi Test Sonuçları	83
5.3.2.1. Birinci Senaryo (Kötü Durum)	84
5.3.2.2. İkinci Senaryo (Orta Durum).....	85
5.3.2.3. Üçüncü Senaryo (İyi Durum)	86
5.3.2.4. KAA Gerçek Ölçümler ile ZKDS'yi Test Etme.....	87
5.3.2.5. Gezgın Arıcı Bilgileri ile ZKDS Karşılaştırması	90
 BÖLÜM 6	 95
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	95
KAYNAKLAR	99

	<u>Sayfa</u>
EK AÇIKLAMALAR A.....	107
DENEY MATERYALLERİ	107
EK AÇIKLAMALAR B.	115
UZMANLARA SORULAN ANKET SORULARI.....	115
ÖZGEÇMİŞ	120



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Bal Arısı.	16
Şekil 3.2. Nektar Toplayan Arılar.	17
Şekil 3.3. Gezgin Arıcı.	20
Şekil 4.1. KAA'ın Blok Diyagramı.	21
Şekil 4.2. XCTU Ekranında KAA Tasarımı.	22
Şekil 4.3. Arduino Mega 2560.	23
Şekil 4.4. (A) 20 Watt Güneş Paneli, (B) 12v 7a Akü Ve (C) Şarj Düzenleyici.	24
Şekil 4.5. Sht11 Algılayıcısı.	25
Şekil 4.6. Yük Hücresi.	25
Şekil 4.7. Deneyde Kullanılan Sinyal Yükseltici.	26
Şekil 4.8. SIM900 ve Arduino için Kılıfı.	27
Şekil 4.9. ZigBee İletişim Ağı için Kullanılan XBee Modül.	28
Şekil 4.10. Deneyde Kullanılan Arı Kolonisi.	30
Şekil 4.11. Geliştirilen Web Sayfasının Ana Sayfa Görünümü.	30
Şekil 4.12. Algılayıcı Düğümü Bileşenleri [35].	32
Şekil 4.13. (A) Mica2dot Mote, (B) Mica2 Mote, (C) Eyes, (D) Wec Mote, (E) μ amps, (F) İbadge.	33
Şekil 4.14. Algılayıcı Ağ Protokolleri [35].	34
Şekil 4.15. ZigBee Protokollü Kablosuz Algılayıcı Ağ Örneği [44].	39
Şekil 4.16. Deneyde Kullanılan Küçükbaş Hayvanlar [65].	40
Şekil 4.17. KDS Bilimsel Arka Plan [67].	41
Şekil 4.18. ZKDS Teknolojik Altyapısı [67].	44
Şekil 4.19. Ev Dizaynı için Arama Ağacı Tasarımı [68].	44
Şekil 4.20. Buhar Kazanı Blok Şeması [68].	45
Şekil 4.21. Örnek Üyelik Fonksiyonu.	47
Şekil 4.22. Bulanık Bilişsel Harita.	49
Şekil 5.1. Nektar-Polen Taşıyan Bitkilerin Aylara Göre Sayıları.	53
Şekil 5.2. Nektar-Polen Taşıyan Bitkilerin Yükseltiye Göre Sayıları.	54

Şekil 5.3. Trabzon İli Dernekpazarı İlçesi Nektar Yoğunluk Grafiği.	55
Şekil 5.4. ZKDS'nin Blok Diyagramı.	58
Şekil 5.5. BBH İçin Bal Üretim Değerlendirmesi.	59
Şekil 5.6. Regresyon Doğrusu ve Artıklar.	71
Şekil 5.7. Histogram Grafiği.	72
Şekil 5.8. Uzmanların Cevaplarını Değerlendiren Etki Fonksiyonu.	73
Şekil 5.9. Algılayıcı Düğüm.	76
Şekil 5.10. Koordinatör Düğümü.	77
Şekil 5.11. Koordinatör Düğüm Arı Kovanı.	77
Şekil 5. 12. Algılayıcı Düğümlerin Yerleşimi.	78
Şekil 5.13. Gerçek Zamanlı İzleme için Geliştirilen Web Sitesi.	79
Şekil 5.14. Birinci Algılayıcı Düğümdeki Ağırlık Değişimi.	80
Şekil 5.15. İkinci Algılayıcı Düğümdeki Ağırlık Değişimi.	80
Şekil 5.16. Birinci Algılayıcı Düğümün Sıcaklık ve Nem Değerleri.	81
Şekil 5.17. İkinci Algılayıcı Düğümün Sıcaklık ve Nem Değerleri.	81
Şekil 5.18. Zeki Karar Destek Sistemi Web Sayfası.	83
Şekil 5.19. Kavramların İterasyonlardaki Değişimi (1. Senaryo).	84
Şekil 5.20. Kavramların İterasyonlardaki Değişimi (2. Senaryo).	85
Şekil 5.21. Kavramların İterasyonlardaki Değişimi (3. Senaryo).	86
Şekil 5.22. KAA Deney Sonuçlarının Analizi.	87
Şekil 5.23. Zeki Karar Destek Sisteminin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması.	88
Şekil 5.24. Öğrenme Eğrisi.	89
Şekil 5.25. Mersin/Tarsus Bal Üretimi.	91
Şekil 5.26. Erzurum/Hınıs İçin Bal Üretimi.	92
Şekil 5.27. Samsun/Çarşamba İçin Bal Üretimi.	93
Şekil Ek A.1. Bulanık Bilişsel Harita İçin Kavramların Üyelik Fonksiyonları.	110
Şekil Ek A.2. Zeki Karar Destek Sistemi İçin Geliştirilen Bulanık Bilişsel Harita.	114

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. 2012 Yılına Göre Türkiye’de En Çok Bal Üretiminin Yapıldığı İlk 3 İle Ait Bilgiler [34].	19
Çizelge 4.1. Şarj Düzenleyicinin Teknik Özellikleri.	24
Çizelge 4.2. Sinyal Yükseltici Teknik Özellikleri.	26
Çizelge 4.3. SIM900 Teknik Özellikleri.	27
Çizelge 4.4. Deney Başlangıcında Kovanların Durumları.	29
Çizelge 4.5. IEEE 802.11 Ailesi.	34
Çizelge 5.1. Bulanık Bilişsel Haritanın Kavramları.....	61
Çizelge 5.2. Kavramların Sınır Değerleri.	62
Çizelge 5.3. Yüksek Korelasyon Nedeniyle Tek Bağımsız Değişkene İndirgenen Değişkenler.	67
Çizelge 5.4. Kategorik Değişkenlerin Kukla Değişkenlerle Verilmesi.	68
Çizelge 5.5. Regresyon Katsayıları.	68
Çizelge 5.6. Regresyon Model Özeti.	70
Çizelge 5.7. Gezgin Arı Kolonisi Koloni Başına Verim.....	90
Çizelge Ek A.1. Çoklu doğrusal regresyon için kullanılan veriler.	108
Çizelge Ek A.2. Uzmanlardan birinin ankete verdiği cevaplar.....	111
Çizelge Ek A.3. Kavramları arası nedensellik bağlantısını tutan ağırlık matrisi.....	113

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	:	Amper
dBm	:	Desibel miliwatt
dt	:	Zaman sabiti
dk	:	Dakika
e	:	Hata
e(t)	:	Hata değışimi
Ghz	:	Giga Hertz
Kbps	:	Kilo bit per second
Kg	:	Kilogram
Km ²	:	Kilometre kare
Kb	:	Kilo bit
lt	:	Hacim ölçüşü (Litre)
mA	:	Mili amper
Mhz	:	Mega Hertz
mV	:	Mili volt
mg	:	Mili gram
m	:	Metre
mW	:	Mili Watt
mm	:	Milimetre
mm ²	:	Mili metre kare
sn	:	Saniye
μW	:	Mikro Watt
V	:	Volt
VDC	:	Voltage Direct Current
y	:	Çıkış
W	:	Watt
Wp	:	Watts peak

KISALTMALAR

AA	: Alternatif akım
ADC	: Analog to digital converter
AHP	: Analytic Hierarchy Process
API	: Application Program Interface
AT	: Attention
BBH	: Bulanık Bilişsel Haritalar
CCS	: Cascading Style Sheet
CPU	: Central Processing Unit
DA	: Doğru akım
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
FFD	: Full Function Device
FTP	: File Transfer Protocol
GB	: Giga Byte
GPRS	: General Packet Radio Service
GSM	: Global System for Mobile Communications
GPS	: Global Position System
GPIO	: General Purpose Input Output
HTTP	: Hyper Text Transfer Protocol
LR-WPAN	: Low Rate Wireless Personal Area Network
ID	: Identifier
I/O	: Input/Output
I2C	: Inter Integrated Circuit
MAC	: Medium Access Protocol
MB	: Mega Byte
MEMS	: Micro-Electro-Mechanical Systems
IEEE	: The Institute of Electrical and Electronics Engineers
IR	: Infrared
PAN	: Private Area Network
PWM	: Pulse Width Modulation
RFD	: Reduced Function Device
RF	: Radio frequency

SSD : Solid State Disc
TCP : Transmission Control Protocol
UART : Universal asynchronous receiver/transmitter
UDP : User Datagram Protocol
XCTU : Xbee Configuration & Test Utility Software



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Arıcılık, tüm yönleri ile tarımsal ve ekonomik bir faaliyet olup, tarihi milattan önce 5000 yıllarına kadar dayanmaktadır. Son birkaç yüzyıl öncesine kadar ilkel olarak yapılan arıcılık, günümüze kadar süren bir gelişim-iyileşme süreci yaşamıştır. Günümüz arıcılığına gelinmesinde bazı dönüm noktaları bulunmaktadır. Bunlar kronolojik olarak; 1787 yılında ana arının havada çiftleştığının tespit edilmesi, 1845 yılında arı üreme biyolojisinin açıklanması, 1851 yılında çerçeveli kovanın keşfedilmesi, 1857 yılında temel petek kalıplarının bulunması, 1865 yılında bal süzme makinesinin icat edilmesi, 1882 yılında larva transfer yöntemiyle ana arı yetiştirme tekniğinin keşfedilmesi ve 1926 yılında ana arılarda yapay döllemenin bulunması şeklinde olmuştur [1].

Arıcılık faaliyetlerinde bal üretimine ek olarak propolis, arı sütü, arı zehiri, polen ve balmumu gibi arı ürünleri de dünya ticaretinde önemli bir yer tutmaktadır. Bunlara ek olarak gelişmiş ülkelerde arıcılık, arı ürünleri üretiminin yanında belki daha da önemli olarak, bitkisel üretimde miktar ve kalitenin artırılması amacıyla da yapılmaktadır. Bu bilgilerin yanında arıcılık, doğa ve çevreye zarar vermeden yapılabilen ender tarımsal faaliyetlerden birisidir. Bu yönüyle de arıcılık geleceğin en önemli sürdürülebilir tarımsal faaliyetlerinden birisidir [2].

Arıcılar, kolonilerini yönetme bakımından gezgin-göçebe arıcı ya da sabit (durağan) arıcı olarak tanımlanabilirler. Gezgin arıcılar için arıların, yem bitkilerinin çiçeklenme dönemlerinin çeşitliliği nedeniyle, mevsimsel olarak nektar kaynaklarının takibi son derece önemlidir. Arıcıların kolonilerini nektar ve polen bulunan bölgelere taşımaları, zamansal ve mekânsal olarak iyi belirlenmelidir. Arıcıların kolonilerini başka yerlere göturmeleri yıl içinde birkaç kez olabilmektedir. Burada gezgin arıcılar, maksimum verim elde etmeyi hedeflemektedirler. Ancak bu durum, kolonilerin bulunduğu bölgede koloni yoğunluğuna neden olabilmektedir.

Yoğunlaşma sonucunda bölgedeki arılar besin toplama davranışlarında ciddi yarışlara girmekte ve kolonilerin üretkenlikleri azalmaktadır [3]. Gezgin arıcılık yapan üreticiler gidecekleri yöre ile ilgili yıllar boyunca deneyimle edindikleri uzman arıcı bilgisi ile hareket etmektedirler. Bu çeşit bir bilgi, artık günümüzde sürekli değişen iklim koşulları karşısında yetersiz kalabilmektedir. Gezgin arıcılar sürekli olarak nektar akışını takip etmektedirler. Nektar akışı bilgisi de yine kovanda bulunan arıların uçuş sıklıklarına bakılarak anlaşılabilir [3].

Günümüze kadar arı kolonilerinin izlenmesi ile ilgili dünya çapında birçok çalışma yapılmış ve bilimsel literatüre girmiştir. Buna karşın özellikle ülkemizde gerçek zamanlı ve hassas ölçümler yapılmış değildir.

Bu tez çalışmasında arı kolonilerinin izlenmesi ve nektar akışının tespit edilmesi için ölçeklenebilir yapıda, düşük maliyetli, yenilikçi ve uygulamaya yönelik kablosuz algılayıcı ağ tasarımı yapılmıştır. Bal arısı kolonilerinin izlendiği Trabzon ili, Dernekpazarı ilçesinde baskın bitki kestane ağacı olup, yaz döneminde (Haziran-Temmuz) çiçeklenmektedir. Bu bölgede ölçülen veriler 10 sn aralıklarda okunarak GPRS (General Packet Radio Service) aracılığı ile web ortamına aktarılmaktadır. Veriler web ortamında anlık olarak görselleştirilmekle birlikte aynı zamanda analiz için MySQL veritabanında saklanmaktadır.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen ölçeklendirme aracı, gezici arıcıların gidecekleri bölgeler için bilgi edinmelerini sağlayan bir bilgi sistemidir. Bulanık bilişsel haritalar kullanılarak zeki karar destek sistemi geliştirilmiştir. KDS'nin "zeki" özelliği BBH'nin ağırlık matrisinin lineer olmayan Hebbian öğrenme algoritması ile eğitilmesi ile olmuştur. Bulanık bilişsel haritalar kullanılarak geliştirilen yazılım, arıcıların gidecekleri yerleri seçmelerine yardımcı olacak bir zeki karar destek sistemidir.

Bu tez çalışması giriş, önceki çalışmalar, bal arıları ve arıcılık, deneyde kullanılan materyal, kullanılan yöntemler, nektar akışının tespiti ve zeki karar destek sistemi geliştirilmesi, deneysel çalışmalar, sonuç-değerlendirme olmak üzere altı bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, tarihsel olarak arıcılığın teknoloji ile veriminin nasıl arttığı açıklanmaktadır. Ayrıca arı kolonilerinin izlenmesinde kullanılan KAA'nın

literatürü açıklanmıştır. Konu bazlı literatür incelemesinde arıcılık ile ilgili yapılmış bilgi sistemleri ikinci araştırma konusu olarak incelenmiştir. Üçüncü bölüm, bal arıları ve arıcılık faaliyetlerinin açıklanmasından oluşmaktadır. Burada daha çok ülkemizdeki arıcılık faaliyetleri verilmektedir. Dördüncü bölümde, nektar akışının tespitinde kullanılan kablosuz algılayıcı ağlar, karar destek sistemleri, zeki karar destek sistemleri, bulanık mantık ve bulanık bilişsel haritalar açıklanmaktadır. Beşinci bölüm, deneysel çalışmaların nihai sonuçları verilmektedir. Hem nektar akışının tespit edildiği deney sonuçları hem de zeki karar destek sisteminin sonuçları analiz edilmiştir. Çalışmalar sonucu elde edilen bulgular, deneysel çalışmanın amacına uygun bir biçimde yorumlanarak sonuçlandırılmıştır. Altıncı ve son bölümde ise elde edilen bulgular ve ileride yapılabilecek çalışmalar dikkate alınarak değerlendirmeler ve öneriler sunulmaktadır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR İNCELEMESİ

Arıcılık, tüm dünya çapında yapılan bir tarımsal faaliyettir. 2011 yılı FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) verilerine göre dünyada toplam 37.863.019 arı kovanı ile 1.636.398,98 ton bal üretilmektedir. Dünyada kovan başına bal verimi 43,21 kg'dır. Dünyada üretilen balın %25'i ticari olarak kullanılmakta ve dış satımın %90'ı, 20 bal üreticisi ülkeden yapılmaktadır. Türkiye toplam kovan sayısı bakımından dünyada ikinci sırada yer almaktadır. Ülkemizin bugün için yaklaşık olarak 6,8 milyon arı kolonisi varlığı bulunmaktadır. Üretim olarak ise yılda 100 bin ton civarında bal üretilmektedir. Türkiye'de kovan başına bal verimi 14,3 kg civarında bulunmaktadır. Koloni başına verime bakıldığında Türkiye ortalaması dünya ortalamasından %32 daha düşüktür. 1996-2015 yılları arasında Türkiye'nin bal üretiminin %71, balmumu üretiminin %47 ve koloni sayısının da %94 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın koloni başına istenen verime ulaşamamıştır. Ülkemizde arıcılar ticari olarak bu tarımsal faaliyeti yaparlarken nektar kaynaklarının çiçeklenme dönemlerine göre arı kolonilerini taşımaktadırlar. Gezgın arıcılık ile arıcılar daha fazla bal üretebilmektedirler [4].

Ülkemizde 90'lı yıllara kadar ilkel kovanlar kullanılmıştır. İlkel kovanların kullanıldığı yıllarda kovan başına verim daha da düşük olmuştur. Modern tarıma geçilmesi ile teknik arıcılık faaliyetleri artmış ve bunun sonucunda da kovan başına bal verimi artmıştır. Her ne kadar kovan başına verim artmış olsa da dünya ortalamasının çok çok altındadır. Kovan başına verimi artırmak için son yıllarda gezici arıcılık teşvik edilmekte ve arıcılara çeşitli kurslar aracılığıyla eğitimler verilmektedir [5].

Arıcılık gerek bal arılarının yaşam biçimi gerekse ürünlerinin hammaddelerini doğadan toplamaları nedeniyle doğaya en bağımlı hayvancılık faaliyetlerinden biridir. Doğaya olan bu bağımlılık arıcılığı çok daha hassas bir konuma getirmektedir.

Nitekim çevresel değişiklikler neticesinde kovan başına bal verimi değişmektedir. Bal verimi bakımından koloniler arasında ortaya çıkan farklılıkların %85'inin çevre koşullarından, %15'inin genotip farklılıktan kaynaklandığı göz önünde tutulursa, Türkiye'nin bal verimi en yüksek ülkelerden birisi olması beklenir [6]. Fakat Türkiye'de arıcılığın genel yapısı, sorunları, arı ürünleri üretimi ve ticaretine ilişkin istatistiki veriler, doğal kaynaklar bakımından son derece önemli potansiyeli olan ülkemizin bundan yeterli ölçüde yararlanamadığını, bal üretimi ve ticaretinde hak ettiği seviyeye ulaşamadığını göstermektedir [5].

Arıcılık sektöründe verimlilik artışı, 1980-1990 yılları arasında, hem ilkel kovan sayısının yaklaşık %30 azalması, hem de çerçeveli (modern) kovan sayısının yaklaşık iki katına çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi modernizasyonun ve teknoloji kullanımının birim başına verimi artıracığı kaçınılmaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır [5]. Bu tez çalışmasında da amaç gelişen teknolojinin tarımsal bir faaliyet olan arıcılığa entegre edilerek, arıcılığın modernizasyonuna ve bal verimi artışına katkı sunmaktır.

Türkiye'de arıcılık yapan insan profili, gelişmiş ülkelerdekine göre farklılık göstermektedir. Ülkemizde bir meslek alanı olarak görülmeyen arıcılık hobi faaliyeti, işsizlik durumunda geçici iş alanı ve babadan oğula geçen bir iş kolu şeklinde değerlendirilmektedir. Bu nedenle de arıcılık eğitim düzeyi oldukça düşük kişiler tarafından yapılmaktadır. Bu da geleneksel yöntemlerle arıcılığın yapıldığını ve yeni tekniklerin geliştirilmesini engellediğini göstermektedir. Ağırlıklı olarak bal üretimi konusuna odaklanan bu arı yetiştiricileri, kovan sayılarını sürekli artırmalarına karşın verimi artıramamaktadırlar [5-6]. Bal verimi temelde kovanların durumuna ve çevresel etkenlere bağlı olarak değişmektedir [7-10].

Bal arılarının bal üretiminde faydalandıkları nektarlı bitkilerin çiçeklenme dönemleri, zamansal ve mekânsal olarak farklılık göstermektedir. Türkiye, iklim şartları ve coğrafyasında barındırdığı bitki örtüsü dikkate alındığında arıcılık açısından son derece avantajlı bir konuma sahiptir [11]. Yıl içinde bahar ayları ile birlikte nektar ve polen potansiyeline sahip bitkilerin çiçeklenme dönemleri başlamaktadır. Çiçeklenme dönemi, bitki türlerine göre ve yükseltiye bağlı olarak değişmektedir. Orman Genel

Müdürlüğü (OGM) tarafından yapılan bir çalışmada Türkiye'nin her bölgesinde 100 gr'lık bal içindeki polen ve nektar miktarları çıkarılmıştır. Yapılan analizlere göre nektar ve polen üretim sınıflandırması yapılmıştır. Dominant, sekonder, minör ve eser sınıflandırması ile bu nektar ve polen potansiyeline sahip bitkilerin hangi illerde bulunduğu ve çiçeklenme dönemleri rapor halinde yayınlanmıştır [12]. 100 gr'lık bal içinde 45 gr'a eşit ya da büyük miktarda bulunan bitkiye "DOMİNANT" isimlendirmesi yapılmıştır. Aynı şekilde 16-45 gr arasında bulunan bitkiye de "SEKONDER" denilmiştir. "MİNÖR" sınıflandırması 100 gr içinde 3-15 gr arasında olan bitkilere denilmiştir. "ESER" ise 3 gr'dan az olan bitkiler için kullanılmaktadır [12]. Ayrıca Sorkun K. tarafından hazırlanan kitapta da Türkiye'de bulunan 300 civarında nektar ve polen potansiyeline sahip bitkiler araştırılmıştır. Kitapta bahsi geçen bitkiler arıcılıktaki önemlerine göre seçilmiştir [13].

Nektar ya da polen içeren bitkilerin nektar akış dönemlerini bilmek bal üretimi için son derece hayati öneme sahiptir. Uygun zaman diliminde uygun yükseltide uygun arı ırkı ile verimli bir bal sezonu geçirme olasılığı artmaktadır [2].

Bal arılarının izlenmesi ile ilgili günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bal arıları ile ilgili izleme-veri toplama uygulamaları üç başlık altında toplanabilir [14]:

1. Arılık seviyesi izleme - ölçme (Arılığın kamera ile gerçek zamanlı izlenmesi sonucunda yabani hayvan, insan gibi dış faktörlerin tespiti [15])
2. Koloni seviyesi izleme – ölçme (Koloninin sıcaklığı, nem oranı, ağırlığı, ses düzeyi, titreşim sinyalleri vs. gibi faktörlerin izlenmesi [16 - 19])
3. Arı seviyesi izleme – ölçme (Arıların kovana giriş çıkışları, nektar toplama davranışları vs. gibi faktörlerin izlenmesi [20])

Alman bal arısı izleme sisteminde kolonilerde kışın gerçekleşen ölümler araştırılmıştır. Koloni kayıplarında anahtar rol oynayan faktörün, Varroa zararlısı olduğu tespit edilmiştir. Varroa zararlısının bulaştığı kolonilerde hızla artan ölüm oranlarına rastlanmıştır [21]. Bal arılarının izlenmesi ile ilgili altı farklı yaklaşım sunulan bir çalışmada, bu yaklaşımların nasıl uygulanacağını, hangi iletişim metotlarının- hangi donanımların kullanılacağı açıklanmıştır. Elle ölçüm sisteminden

otomatik ölçüm sistemlerine kadar tüm yaklaşımlar incelenmiştir. Bu yaklaşımlardan bazısında sadece algılayıcı kullanılırken, bazısında ise veri işleme ve saklama mekanizmaları da bulunmaktadır. Arı yetiştiricisi, kendi arılığına uygun metodu seçerek arılarını izleyebilmektedir [22]. Oğul çıkarma sürecinin takip edildiği çalışmada ise dokuz adet oğul çıkarma teşebbüsü gözlenmiştir. Bu sırada arıların sesleri mikrofon ile alınmış, nem ve sıcaklıkları ölçülmüştür. Oğul sürecinde bal arılarının sesleri üzerinde çalışılmıştır. Oğulun çıkmasının önceden tespit edilmesi için kraliçe arının sesleri analiz edilmiştir [23].

Meikle ve arkadaşı tarafından yapılan bir çalışmada, arı kolonilerinin sürekli izlenmesi için kablosuz algılayıcı ağların kullanılabileceği belirtilmiştir. Elektronik algılayıcıların maliyeti ve boyutu azaldığı ölçüde bal arısı kolonilerinin rahatsız edilmeden ağırlık, sıcaklık, nem, karbondioksit gaz oranı, titreşim ve ses gibi fiziksel değişimlerin ölçülebileceği ifade edilmiştir [20].

Bal arılarının kovana giriş çıkışlarını takip etmek için yapılan çalışmada, bir kamera kovan girişinin üstüne konmuş ve ışık kaynağı ile arıların ayırt edilmeleri sağlanmıştır. Daha sonra alınan görüntüler, resim işleme ve sınıflandırma teknikleri ile ayırt edilmiştir. Bunun sonucunda arıların ne kadar nektar topladıkları ve nektar toplama davranışları belirlenmiştir [24].

Bal arılarından gelen sesleri kaydetmek için özel olarak tasarlanan bir radar mikrofon ile bal arılarının sesleri alınmış ve veri işleme teknikleri ile çalışkanlıkları analiz edilmiştir. Cihaz, kolaylıkla temin edilebilen 5,8 GHz kablosuz bileşenleri ile güvenli ve ucuza tasarlanmıştır. Radar mikrofonun çıkışı, bir akustik mikrofon ile kaydedilebilen sinyalden farklı olmayan bir sinyaldir [25].

Bal arıları, geniş bir ürün yelpazesi için en önemli tozlayıcı böcek olarak besin zincirinin yaşamsal bir parçasıdır. Bal arılarının popülasyonunun dünya çapında korunmasının yanı sıra verimliliklerini de en üst düzeye çıkarmalarını sağlamak önemlidir. Murphy ve arkadaşları arı kovanından dikkat çekmeden-arıları rahatsız etmeden veri toplamak için heterojen kablosuz algılayıcı ağ teknolojilerini kullanmış ve bal arısı koloni koşullarını ve aktivitesini izlemiştir. Canlı bir arı kovanı (oksijen,

karbondioksit, kirletici seviyeleri, sıcaklık ve nem dahil) içindeki çok boyutlu koşulların izlenmesi için çok çeşitli algılayıcılar kullanılmıştır. Kovan dışındaki meteorolojik ve çevresel koşullar deney boyunca izlenmiştir. Elde edilen meteorolojik ölçümlerle yerel olarak hava tahminleri yapılmıştır. Ardından bal arısı davranışları ve sağlığı hakkında bilgi vermek için veriler biyolojik bir bakış açısı ile analiz edilmiştir. Bunun sonucunda arı kolonisinin durumunun otomatik olarak belirlenmesine yönelik bir algoritma geliştirilmiştir [26].

Bulut bilişim ile birlikte KAA'nın arı kolonisini izlemek için kullanıldığı çalışmada yeni algılama teknikleri, enerji tasarruflu çalışma ve çoklu telsiz iletişimi de dahil olmak üzere düşük güçle çalışan KAA ağları geliştirilmiştir [27].

Üç kablosuz algılayıcı ağ düğümü ile görüntü ve ses verilerini toplamak amacıyla arı kovanı içindeki bir koloniyi izlemek için kablosuz algılayıcı ağı teknolojisi kullanılmıştır. Veriler kovan koşullarını, uçuş yönünü ve ayrıca geleneksel arıcılık sürelerinin dışında, yani gece, kötü hava koşulları ve kış aylarında kovanın izlemesine olanak tanımaktadır. Sistemin enerji ihtiyacını karşılamak için 525x345 mm güneş paneli kullanılmıştır [26].

Bal arıları, yaklaşık 40.000 bireyden oluşan gruplar halinde yaşar ve eski kraliçe yuvayı çok sayıda işçi ile yeni bir koloni oluşturmak üzere bıraktığı zaman oğul süreci boyunca üreme döngüsünden geçer. İlkbaharda, işçi arıların yaşlı kraliçe yerine geçmesi için, bazı larvaları sadece arı sütü ile besleyerek yeni bir kraliçe elde ederler. Bu önemli fizyolojik olayın (oğul çıkarma) gerçek tarihi ve zamanı doğru bir şekilde tahmin edilememektedir. Bencsik ve arkadaşları, kovan dış duvarına sabitlenmiş basit bir dönüştürücü sayesinde, bal arılarında istatistiksel olarak bağımsız bir anlık titreşim sinyalleri seti, tam otomatik ve invaziv olmayan bir yöntem kullanılarak oğul çıkarma zamanının belirlenebilir ve izlenebilir olduğunu göstermişlerdir. Bağımsız sinyallerdeki genlikler sekiz ay boyunca sürekli olarak güncellenen çok boyutlu, zamanla değişen bir vektör oluşturmaktadır. Bu vektör, özel olarak uyarlanmış ağırlıklandırma faktörleri ile birleştğinde, zamanla biriken ve sürece spesifik bir imza sağladığını keşfetmişlerdir. Böylece oğul çıkarma zamanının tahminini birkaç gün

önceden sağlamışlardır. Geliştirilen izleme yönteminin çıktısı, bal arılarında diğer fizyolojik süreçlere son derece özgün olan imza sunmak için kullanılabilir [16].

Brundage tarafından patenti alınan çalışmada, kolonilerin izlenmesi için akustik mikrofon tasarımı yapılmıştır. On sekiz adet hak sahipliği talebi bulunan çalışmada, alınan seslerin analizi ile koloninin verimi, koloni sağlığı, bal üretimi ve polinizasyon performansı gibi bilgiler tespit edilebilmektedir. Sistem kablosuz ağlar ile entegre edilebilecek şekilde tasarlanmıştır [17].

Son yıllarda bal arısı kolonisi izleme çalışmalarının artmasının nedenlerinden biri, dünya çapında arı popülasyonundaki düşüştür. Bir diğer neden ise hastalık ve haşeratların artış göstermiş olmasıdır. Bunun sonucunda mühendislik ve arıcılık kombine edilerek hassas arıcılık terimi ortaya çıkmıştır. Arı kolonisinin sağlıklı ve güçlü olduğunun en önemli işareti, koloninin ağırlığıdır. Ağırlıktaki değişiklikler, koloninin verimliliğini ve sağlık durumunu doğru bir şekilde yansıtabilir. Ağırlığın izlenmesi için kovan altına yük hücresi yerleştirilmiş ve ZigBee donanım ile veriler analiz için uzak bilgisayara yollanmıştır [28].

GSM/GPRS (Global System for Mobile Communication) modülleri ile kovanın izlendiği hassas arıcılık uygulamasında 10 dk'lık aralıklarla algılayıcılardan gelen veriler RF (Radio Frequency) ile 10 koloniden toplanmış ve internet ortamına aktarılmıştır. Bu çalışma aynı zamanda Nesnelerin İnterneti konseptine uygun yapılmıştır [29].

Literatürde bal arılarının izlenmesi hakkında birçok çalışma mevcut iken, bal arılarının bal üretmek için faydalandıkları, nektar-polen içeren bitkilerin nektar akışlarının izlenmesi şeklinde çalışma yoktur. Bu tez çalışmasında KAA ile nektar-polen içeren bitkilerin nektar akış dönemi izlenmektedir.

Gezgin arıcılar, çiçek açma dönemlerini takiben kovanlarını düzenli olarak bir yerden bir yere hareket ettiren arıcılardır. Çiçek açma dönemi hem doğal ortamlarda hem de bahçecilik ve tarımsal mahsullerden oluşan ortamlardır. Çiçeklenme olaylarının zamanlaması, süresi ve yoğunluğu değişkendir ve göç eden arıcılar keşiflerin ve

planlamaların yanı sıra kovanlarının hareketlerine önemli miktarda zaman ve enerji harcarlar. Akaryakıt, motorlu taşıt ve araç bakım giderleri ile birlikte göç eden arıcıların operasyonlarının toplam maliyetinin dörtte birinden fazlasını oluşturabilir. Arıcılıktan daha fazla ekonomik gelir elde etmek için gezgin arıcılık yapmak gerekmektedir. Gezgin arıcılık sayesinde hem daha fazla bal üretim kapasitesine ulaşılabilmesi hem de doğal bitki kaynaklarımızdan daha fazla yararlanılabilmesi mümkündür. Ancak gezgin arıcılıktan beklenen faydanın sağlanabilmesi için nektar-polen akış dönemlerinin çok iyi takip edilmesi gerekmektedir.

Arı yetiştiriciliğinin ilk amacı bal üretimi sağlamaktır. Bal üretimi için kovan içinde ve dış ortamda olmak üzere çeşitli şartların uygun olması gerekmektedir. Bal üretiminde üçüncü ana etken olarak arıcının kendisi de önemli bir yer tutmaktadır. Arıcının yeterli bilgi seviyesine ve tecrübeye sahip olması kolonilerin bakımına ve yönetimine olumlu katkı sunacaktır. Bal üretimini etkileyen kovan içi unsurlar olarak şunlar verilebilir: kolonilerdeki arı sayıları ve sağlık durumları, kovanda bulunan kraliçe arının yaşı ve doğurganlığı, kovanlardaki arıların ırk ve morfolojik olarak bölgeye uygunluğu verilebilir. Kovan dışı unsurlar ise kovanların bulunduğu bölgeye yakın zirai ilaçlama olup olmadığı ve varsa ilaçlama yoğunluğunun ne kadar olduğu, kovanların bulunduğu bölgedeki nektarlı bitki sayısı ve yoğunlukları ve meteorolojik koşulların uygunluğu olarak verilebilir.

Arıcılıkta, bilgi sistemleri ya da KDS'leri ile ilgili literatürde, araştırmacılar daha çok kolonilerdeki arıların genetik yapıları ve bu genetik yapıların ıslah edilmesi üzerine odaklanmışlardır. Böylece daha yüksek verim sunan arı ırkları elde edilebilmiştir. Bal verimini etkileyen en önemli unsurlardan birisi de kovanda oluşan hastalık, zararlılar ve parazitlerdir. BEE AWARE bal arısı hastalıklarının, zararlılarının, parazitlerin ve avcılarının arı kolonilerinin yerinde muayene ve analizine ihtiyaç duyan tanı ve tedavileri için geliştirilmiş bir uzman sistemdir. Burada uzun süreli ölçümler yapılmıştır. Literatürde bu uzman sisteme benzer birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar daha çok kolonilerin izlenmesi ve gelişen hastalıkların erken teşhisi-tedavisi, kraliçe arının yumurtlama kapasitesinin izlenmesi, oğul çıkarma süreçlerinin yönetilmesi, kovanlardaki ölümlerin kontrol edilmesi şeklindedir. Arıcılıkta KDS, koloninin video, ağırlık, sıcaklık ve ses ölçümleri gibi farklı bilgileri işleyebilen

sistemlerdir. Hassas arıcılık, KDS kurallarını (kararları) iki ana gruba ayırmaktadır. Bunlar, bireysel kurallar ve ayrımsal kurallardır. Bireysel kurallar (kararlar), tek koloni izlemeye dayanır ve yalnızca belirli bir koloni için ölçümler ve veriler hesaba katılır. Ayrımsal kurallar (kararlar), kolonilerin karşılaştırılmasına veya farklı bölgelerdeki farklı arıların kıyaslanmasına dayanmaktadır. Literatürde bilgisayarda okunabilir ve yürütülebilir biçimde ifade edilen bireysel koloni bazlı kurallar, sıcaklık ölçümlerine dayalı kurallar (ısıtma), titreşim ölçümleri ile temel bileşen analizi tabanlı kurallar (ısıtma), frekans içeriğine göre kurallar (ısıtma), kuluçka yetiştiriciliği için 30°C sıcaklıkta kovanın tutulması kuralı (kuluçka ısıtma) şeklindedir [14].

Hassas arıcılıkta kullanılmak üzere veri analizi ve KDS gelişimlerinin erken safhasındadırlar. Elde edilen veriler ile kolonilerdeki olaylar arasındaki muhtemel ilişkiler hakkında bazı keşifler yapılmıştır. Ancak sonuçlar *Apis mellifera* L.'nin farklı alttürlerinde veya değişken iklim koşulları, kovan türleri veya diğer faktörler üzerinde geniş bir şekilde test edilmemiştir [14].

Arı kolonilerinin durumlarını belirlemeye yönelik yeni yöntemler, arı uzmanlarının ve mühendislerin, fizikçilerin, matematikçilerin ve bilgi teknolojisi uzmanlarının disiplinlerarası işbirliğiyle karşıt sezgisel yaklaşımlar üretilerek geliştirilebilir. Arıcılık operasyonlarının yalnızca küçük bir kısmı otomatikleştirilebilir olduğundan KDS operasyonları yakın gelecekte sınırlı kalacaktır [14].

Dünyada çiçekli bitkilerin %16'sı nektar ve polen kaynağı olarak bal arılarına hizmet vermektedir. Bununla birlikte bunların hepsi eşit miktarda bal üretimine etki etmez. Gerçekte sadece %1,6'sı bal üretimi için nektar içeren bitki olarak bilinir. Dahası bal arısı floral kaynakları ekolojik dağılıma ve onların çiçeklenme zamanına göre değişir. Bununla birlikte her coğrafi bölge için bütün bitkilerden bal arıları için önemli bitkileri ayırt etmek, zamansal ve mekânsal dağılımları bilmek çok önemlidir. Bu tip bilgiler koloni gelişiminin artması ve bal üretimi için önemlidir. Bal arılarının yerleştirildiği bölgelerdeki nektarlı bitkiler ve bu nektarlı bitkilerin taşıdıkları nektar yoğunlukları, bal üretimi için çok önemlidir. Arılar bitkilerdeki nektarlar ve polen ile bal üretimi yapmakta ve aynı zamanda kovandaki yavruları beslemektedir [10]. Arıcılıkta, nektar kaynaklarının değerlendirildiği KDS çalışmaları sınırlı olmakla birlikte literatürde yer

almaktadır. Bu çalışmalardan Suudi Arabistan’da Nuru Adgaba tarafından yapılan bir çalışmada, uzaktan ölçüm yöntemiyle resimler alınmıştır. Alınan bu resimler Hopfield sinir ağı ile sınıflandırılarak hektar olarak ağaçların sayısı elde edilmiştir. Ardından coğrafi bilgi sistemleri ile ağaçların türleri, yükseklikleri, kapladığı alanlar hesaplanmıştır. Ağaçlar ve odunsu olmayan bitkiler için farklı ölçüler belirlenmiştir. 159 adet arı yem bitkisi alınan görüntüler üzerinden analiz edilmiştir. Bu türlerin %61 (97 adet) otlar, %27,67 (44 adet) çalılar ve %11,32 (18 adet) ağaçlar olarak sınıflandırılmıştır. Ağaçlar ve çalılar bölgede büyük nektar kaynağıdır. Böylece arıcılar için pratik bilgiler elde edilmiştir. Arı yem bitkilerinin envanteri çıkarılmıştır. Zamansal ve mekânsal olarak arıcıların kolonilerine rehber bir sistem geliştirilmiştir. Arıcılığın zamansal ve mekânsal olarak nerelerde en yüksek verimle yapılabileceğini gösteren bir bilgi sistemi önerilmiştir [3].

Güney İtalya’da arazilerin arıcılık uygunluğunu tespit etmek için çalışma yapılmıştır. Paolo ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kullanılan bilgi kaynaklarına tamamen açık erişim ile veri kaynaklarına erişim sağlayan sistem geliştirilmiştir. Bu veriler AHP (Analytic Hierarchy Process) ve bulanık mantık ile sınıflandırılmıştır. Bunun sonucunda Güney İtalya’da Calabria bölgesi arıcılık uygunluğu bakımından (%47,76) en iyi bölge olarak bulunmuştur. Bu bölgede %38,12 oranında zeytin ağacı, %15,16 oranında meşe ormanı ve %16,22 oranında da yüksek ve orta bal verimine sahip tek yıllık bitkiler olduğu tespit edilmiştir [30].

Mısır’da arıcılık uygunluk analizi yapılan çalışmaya göre, Mısır haritası üç kategoriye ayrılmıştır. Bu kategoriler uygun olmayan, uygun ve daha uygun şeklindedir. Çoğu alanlar uygun veya daha uygun olarak sınıflandırılmışken, çok sert iklimsel şartları olan alanlar uygun olmayan alan olarak sınıflandırılmıştır. Sonuçlar, arıcılık yapmak için farklı bölgelerde arazi kullanma potansiyelini yansıtmaktadır. Arıcılık alanının ileriye dönük olarak değerlendirilmesinde Mısır’da kuzeyde arıcılığın daha uygun olacağı beklenebilir. Yakın gelecekte arıcılar mevcut arıcılık yerlerini değiştirmek zorunda kalabilirler. Analizler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarından olan ArcGIS ile yapılmıştır. Sınıflandırma için mevsimsel sıcaklıklar, en düşük ve en yüksek sıcaklıklar, yağış miktarı, eğim gibi parametreler dikkate alınmıştır. Çalışmada

gelecekte bal arısı kolonilerinin termal stresden korunması için uygun prosedürlerin araştırılması ve geliştirilmesi önemle tavsiye edilmiştir [31].

İran’da Amiri ve arkadaşları arıcılık planlaması yaptıkları çalışmada, üç başlık altında kriterler seçmişlerdir. Bunlar çevresel faktörler, besin kaynakları ve su kaynakları olmuştur. Çevresel faktörler olarak trafik ve yol alanlarına yakınlık, sıcaklık değerleri, rakım ve toprak cinsi seçilmiştir. Besin kaynakları olarak seçilen bölgedeki nektarlı bitki sayısı dikkate alınmıştır [32].

Bu tez çalışmasında, teknolojinin entegre edilmesi ile verimin arttığı arıcılık faaliyetlerinde arıcıları nektar kaynaklarının yoğun olduğu bölgelere yönlendirecek ve ellerindeki arı kolonileri ile ne kadar bal üretebileceklerini tahmin edecek (arıcılık potansiyeli tahmini) bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.

BÖLÜM 3

BAL ARILARI VE ARICILIK

3.1. BAL ARISI

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; bir adet ana arı, sayıları mevsimlere göre değişen işçi arı ve erkek arılardır. Ana arılar, yumurtlama ile koloninin devamından sorumludur. İşçi arılar ise kolonide bakım, temizlik, besin toplama ve yavruları besleme gibi işlerden sorumludur. Erkek arı ise yaz aylarında kovanda bulunan ve ana arı ile çiftleşmeden sorumludur [33].

Kaliteli ve genç bir ana arı, diğer kovan 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 [33].

Yumurtadan yetiştikine 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 [33].

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 diğer arı ürünü olan arı zehrinin üretim ve tüketimi diğer arı ürünlerine göre oldukça sınırlıdır. Genel olarak bal; %80 şeker ve %17 su içerir. Geriye kalan %3'lük kısım mineral maddeler, amino asitler, renk maddeleri, vitamin ve enzimlerden oluşur [33]. Balı, diğer şekerli maddelerden daha değerli kılan içerdiği enzimlerdir. Enzimler yüksek sıcaklıklarda tahrip olacağından bal yüksek sıcaklıklarda ısıtılmamalıdır. 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. 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 karşılar, 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 bulunduran doğadaki tek ve en zengin besindir. Bu yönüyle polen, hem dünyada hem de ülkemizde; vücut direncinin artırılması ve korunmasında, gelişme bozukluklarının düzenlenmesinde, özellikle prostat ve karaciğer problemlerinin giderilmesinde sporcular, yetişkinler ve çocuklar tarafından kullanılmaktadır. Arı sütü, 6-12 günlük genç işçi arıların başlarındaki salgı bezlerinden salgılanan, besin değeri oldukça yüksek, beyaz renkli, peltamsi, hafif acımtırak bir arı ürünüdür.

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. Bal arılarının ürettikleri besinler olan bal, arı sütü, balmumu, polen, arı zehiri, propolis gibi besin maddelerinin de insanların hayatında çok önemli yerleri vardır. Bazı ürünler ilaç sanayinde kullanılırken, bazıları da içindeki enzimler sayesinde besin maddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bazı ürünler de kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır [33].

Böylece bal arısı yetiştiriciliğinin büyük bir endüstri haline geldiği görülmektedir. Şekil 3.1’de nektar toplayan işçi arı görülmektedir.



Şekil 3.1. Bal arısı.

Bal arıları değişken sıcaklıklı hayvanlar oldukları için vücut sıcaklıkları çevre sıcaklığından etkilenmektedir. Yazın sıcak aylarında kovanın sıcaklığı 30–34 °C arasındadır. Bu sıcaklıkta yavrular en iyi şekilde gelişmektedir. Sıcaklığın yükseldiği zamanlarda, çıkış deliği ile kovan arasında hava akımı 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. Bal arılarında kovan içi aktiviteler dâhil kovan dışı aktiviteler de sıcaklığa bağlı olarak olmaktadır. Örneğin 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 [33].

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 [33]. Şekil 3.2’de nektar akış sezonunda olan işçi arıların kendisinden nektar aldıkları ayçiçeği verilmektedir.



Şekil 3.2. Nektar toplayan arılar.

İnsanlar uzun yıllardan beri arı kolonilerini yöneterek, elde ettikleri ürünleri sağlıklı yaşam için gerekli olan besin zincirlerine 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, ürünlerinden faydalandığımız diğer hayvanlardan ayıran en büyük özellik, sosyal hayvanlar olmalarıdır.

Bu özellikleri, çeşitli bilim dallarında çalışan araştırmacıların dikkatlerini üzerlerine çekmelerine 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 [33].

3.2. ARICILIK

Arıcılık gerek bal arılarının yaşam biçimi gerekse ürünlerinin hammaddelerini doğadan toplamaları nedeniyle doğaya en bağımlı hayvancılık faaliyetidir. Bal verimi bakımından koloniler arasında ortaya çıkan farklılıkların %85'inin çevre koşulları, %15'inin genotip farklılığından kaynaklandığı göz önünde tutulursa Türkiye'nin bal verimi en yüksek ülkelerden birisi olması beklenir. Fakat Türkiye'de arıcılığın genel yapısı, sorunları, arı ürünleri üretimi ve ticaretine ilişkin istatistiki veriler, doğal kaynaklar bakımından son derece önemli potansiyeli olan ülkemizin bundan yeterli ölçüde yararlanamadığını, bal üretimi ve ticaretinde hak ettiği düzeye ulaşamadığını göstermektedir [5]. Türkiye, yıllara göre dalgalanmalarla birlikte bal dışsatımı sonucu yılda 20–40 milyon dolar gelir elde etmektedir. Sadece bal üretimi aracılığı ile iç tüketimle birlikte milli gelire 100–150 milyon dolar katkı sağlanmaktadır. Daha önemlisi, arıların bitkisel tozlaşmaya katkısı nedeniyle bu değer 200 katı katma değer sağlanmaktadır. Bu da milli gelirimizin %7'sinin arıcılık kökenli olduğunu ve mevcut kaynaklar doğru kullanıldığında bunun üzerine çıkılabileceğini göstermektedir [5].

Arıcılık sektöründe daha fazla verim elde etmek için yaygın olarak gezgin arıcılık yapılmakta ancak bal akış sezonunda arıcıların bölgelere homojen olarak dağılmaması nedeniyle nektar ve polen kaynaklarında maksimum fayda sağlanamamaktadır. Albert Einstein'ın söylediği sözü hatırlayacak olursak “Eğer arılar yeryüzünden kaybolursa insanlığın sadece 4 yıl ömrü kalır. Arı olmazsa döllenme, bitki, hayvan ve insan olmaz.” Bu sözden de anlaşılacağı üzere çevresel kirlenme ve pestisid kullanımından en erken etkilenecek canlı grubu polinizasyonda en etkin rol alan ve her gün binlerce çiçek ziyaret eden bal arılarıdır. Bitkisel koruma amaçlı pestisid kullanımını kontrol altına almak çok güç olmakta ve yasa uygulayıcıların her bir üreticinin yaptığı uygulamayı tek tek takip etmesi mümkün olamamaktadır.

İnsanlar doğal çevreyle ilgili fonksiyonlardan büyük faydalar sağlamaktadırlar. Doğrudan ya da dolaylı bir şekilde böcek aracılığıyla yapılan tozlaşma, bu faydalar arasında gösterilebilir. Dünyada bitkilerden üretilen besinlerin %35'i böcekler aracılığıyla yapılan tozlaşma sonucu elde edilmektedir. Bu üretimin %75'i özellikle

insanlar için çok önemli bitki türleridir [7]. Dünya çapında böcek aracılığıyla yapılan tozlaşmanın ekonomik getirisi, yıllık 153 milyar Euro civarındadır [8]. Arılar çok önemli tozlaştırıcılar arasında yer almaktadır. Avrupa’da tarımsal ürünlerin %80’ninin tozlaştırılmasında bal arılarının etkili olduğu tahmin edilmektedir [9]. Türkiye bitki örtüsü ve sahip olduğu flora itibarıyla oldukça zengindir. Sahip olunan bitkilerin %40’ı endemiktir. Arıcılıkta yeni bir çıkış açmak, kovan başına verimi artırmak için sahip olunan bu zengin floral kaynaktan maksimum düzeyde faydalanmak gerekmektedir. Gezgin arıcılık, aslında bu nektar kaynaklarından maksimum faydalanma esasına dayalı arıcılık yöntemidir. Ülkemizde arı ırkı ve morfolojik özellikleri bakımından da farklı arı ırkları tespit edilmiştir. Bunlar, Anadolu arısı (A.M. Anatolica), Kafkas arısı (A.M. Causica), Karniyol arısı (A.M. Carnica), Suriye arısı (A.M. Syriaca) ve İran arısı (A.M. Meda) türleridir. Bu arı ırklarının çevreye uyumu sonucunda morfolojik olarak melez yapıda ara arı ırkları da ortaya çıkmıştır [11]. Bal, kovanların bulunduğu bölgedeki nektarlı bitkilerden elde edilmektedir. Nektarlı bitkilerin nektar taşıma potansiyeli ne kadar fazla ise balın türü de ona göre şekillenmektedir. Türkiye’de 5 farklı türde bal üretimi yapılmaktadır [6]. Bu ballar; Kestane balı, Kekik balı, Yayla-çiçek balı, Çam balı ve Narenciye balı olarak verilebilir. Kestane balı, Kestane ağacının olduğu yerlerde, kekik ve yayla balı, yüksek kesimlerde, çam balı, sarıçam ormanlarının yoğun olduğu bölgelerde; narenciye balı, narenciye ürünlerinin yetiştirildiği bölgelerde üretilmektedir. Türkiye’de bal üretimi, 1996-2015 yılları arasında 63.000 tondan 107.000 tona yükselmiştir. Yani bal üretimi, 20 yıllık dönemde yaklaşık %70 oranında artış göstermiştir. Çizelge 3.1’de Türkiye’de en çok bal üreten iller ve bal verimleri verilmektedir. Çizelge 3.1’deki iller nektar akışının yoğun olduğu iller değil, bu illerdeki arıcıların gezgin arıcılık yapmalarından dolayı en yüksek bal üretiminde ilk üç sırada yer almaktadırlar.

Çizelge 3.1. 2012 yılına göre Türkiye’de en çok bal üretiminin yapıldığı ilk 3 ile ait bilgiler [34].

Şehirler	Kovan Sayısı	Payı (%)	Bal Üretimi (ton)	Payı (%)	Kovan Verimi (kg)
Ordu	487.214	7,68	11,458	12,85	23,517
Muğla	710.949	11,20	10.765	12,07	15,142
Adana	428.059	6,74	8,321	9,33	19,439
Türkiye	6.348.009	100,00	89,162	100,00	14,346

Ülkenin sahip olduğu koloni varlığında %11,20 oranında Muğla, %7,68 oranında Ordu ve %6,74 oranında Adana söz sahibidir.

Türkiye’de arıcılık faaliyeti hemen hemen her bölgede yapılan geleneksel bir tarım faaliyetidir. Türkiye’de arıcılık sektöründeki işletme sayısı 2014 yılında 81.108’e, 2015 yılında da 83.467’ye ulaşmıştır. Dört mevsimin neredeyse aynı anda yaşandığı ülkemizde farklı ekolojik koşullara kolaylıkla uyum sağlayan birçok arı ırk ve ekotipi ile yıl boyu nektar ve polen sağlayan oldukça zengin floral kaynaklar bulunmaktadır. Ülkemizin her bölgesinin kendine özgü çevre koşullarına sahip olması, buralarda çiçeklenme dönemlerinin farklı olması, daha fazla üretimi amaçlayan arıcılar için gezgin arıcılık yapma sebebi olarak görülmektedir. Günümüzde arı ürünlerinin pazarlaması ile uğraşan yaklaşık 240.000 kişi bulunmaktadır [34]. Türkiye’de resmi kayıtlara göre arıcı sayısı 57,897 civarındadır. Bu arıcıların toplam 6,8 milyon adet kovani bulunmaktadır. Arıcıların yaklaşık olarak %75’i yani 42 bini gezgin arıcılık yapmaktadır. Arı kolonilerinin de %75’i yaklaşık olarak 5,1 milyonu gezgin arıcılığa tabi tutulmaktadır. Gezgin arıcıların tek geçim kaynağı arıcılık faaliyeti olduğundan bal sezonunu verimli geçirmeleri son derece önemlidir. Gezgin arıcı yıl içinde en az bir kez nektar akışının olduğu bölgede konaklamalıdır. Bu dönemde elde edilen bal, gezgin arıcı için yıl boyunca geçim kaynağı görevi görmektedir. Diğer zamanlarda gezgin arıcılar daha çok, arılarının kendilerine yetecek kadar bal ürettikleri yerlerde konaklarlar. Nektar kaynaklarının da verimli kullanılması hem tarıma olumlu etki etmektedir hem de maksimum bal verimi elde edilebilmektedir [11].



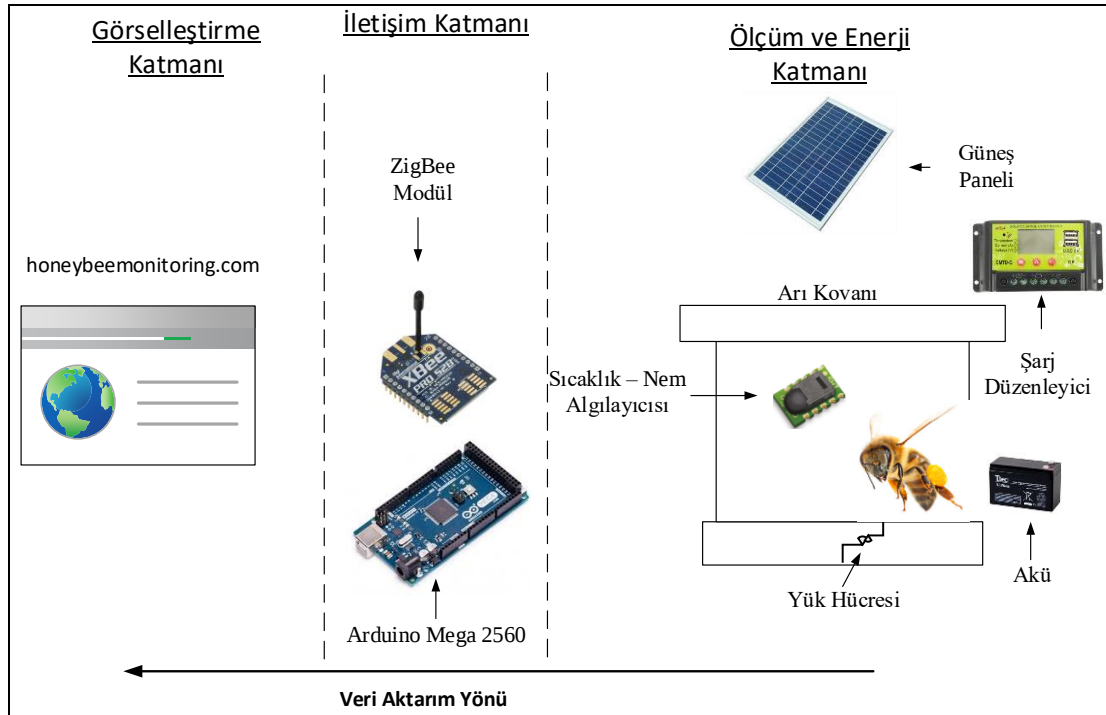
Şekil 3.3. Gezgin arıcı.

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOT

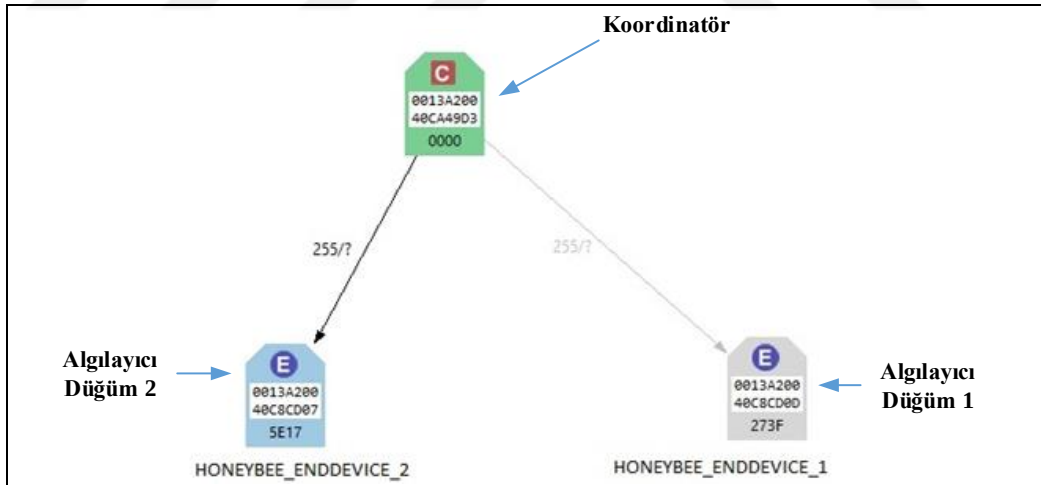
4.1. NEKTAR AKIŞINI ÖLÇMEK İÇİN GELİŞTİRİLEN DENEY DÜZENEĞİ

Bal arılarının izlenmesi ve amaca uygun olarak bir sistem geliştirilmesi, hassas tarım uygulaması olarak tanımlanabilir. Nektar akışının izlenmesi için KAA ile deney düzeneği hazırlanmıştır. Geliştirilen deney düzeneği sisteminin blok şeması Şekil 4.1’de verilmektedir. Ölçüm katmanı iki adet arı kolonisinden oluşmaktadır. Ölçüm katmanında üç algılayıcı ve enerji ünitesi elemanları bulunmaktadır. İletişim katmanı kovan üzerine yerleştirilmiştir. Ölçüm katmanından gelen verileri koordinatör düğüme yollamak şeklinde görevi vardır. Görselleştirme katmanı istemcinin kendisidir. Bu bir bilgisayar, cep telefonu vb. cihaz olabilmektedir. Tarımsal izleme amaçlı kablosuz algılayıcı ağ tasarımı, iki algılayıcı düğüm ve bir koordinatör düğümden oluşmaktadır.



Şekil 4.1. KAA’nın blok diyagramı.

Her bir düğüm noktası “HoneyBeeEndDevice 1-2” adlandırması ile oluşturulmuştur. İki adet ölçüm noktası (End Device) tasarımı yapılmıştır. Bu iki “End Device” çevresel değişiklikleri ölçerek “Coordinator” adında ağı yöneten ZigBee modüle yollamaktadırlar. ZigBee yönlendirici (router), modül maliyeti düşürmek amaçlı kullanılmamıştır. Ayrıca yönlendiriciye ihtiyaç duyulacak kadar donanım sistemde bulunmamaktadır. Her bir ZigBee donanım, bir algılayıcı düğüm (arı kovanı) olarak tasarlanmıştır. Şekil 4.2’deki tasarım, XCTU ortamında hazırlanmıştır. XCTU, Windows, MacOS ve Linux ile uyumlu ücretsiz olarak çalışan çok platformlu bir uygulamadır. Basit kablosuz ağ yapılandırması ve mimarisi için grafik ağ görünümü sunmaktadır. ZigBee, API çerçevelerini hızla oluşturmak için basit bir geliştirme aracıdır. ZigBee, RF modüllerini ayarlamayı, yapılandırmayı ve test etmeyi kolaylaştıran araçlar içermektedir. Her bağlantının sinyal gücü test edilebilir. ZigBee ürünlerin yazılım güncelleme işlemi, modül ayarlamaları, modu ve baud hızını otomatik olarak yapılandırabilir. KAA, tasarımları kaydedilebilir ve tekrar donanımlara yüklenebilir. Bu arayüzde geliştirilen tasarım yine bu arayüz üzerinde simüle edilebilmektedir.



Şekil 4.2. XCTU ekranında KAA tasarımı.

4.1.1. Arduino Mega 2560

Algılayıcı düğüm (kovan) içerisinde ZigBee son aygıtı, okuyacak-yazacak Arduino Mega 2560 gömülü kart ve algılayıcılar bulunmaktadır. Deneylerde kullanılan Arduino Mega 2560 Şekil 4.3’de verilmektedir.

Arduino Mega basit bir I/O kartı ve aynı zamanda açık kaynaklı geliştirme kartıdır. ATmega 2560 işlemcisine dayalı bir 16 Mhz kristal barındırır. Arduino Mega 54 adet I/O pinine sahiptir.



Şekil 4.3. Arduino Mega 2560.

Bunlardan 14 tanesi PWM, 16 tanesi analog ve 4 tanesi de UART pinlerinden oluşur. USB kablosu yardımıyla kolaylıkla bilgisayara bağlanıp programlanabilir [79].

4.1.2. Enerji Ünitesi Cihazları

Her bir algılayıcı düğüm de bir adet şarj düzenleyici, bir adet güneş paneli, bir adet 12V 7A kuru akü algılayıcı düğümün enerjisini karşılamak üzere kullanılmıştır. Şekil 4.4 (b)'de kuru akü verilmektedir.

Güneş paneli, maksimum 20 watt'lık güç üretebilmektedir. Maksimum güç akımı 1,08 A'dır. Şekil 4.4 (a)'da deneyde kullanılan güneş paneli verilmektedir. Güneş panelinin maksimum güç gerilimi, 18,5V'tur. Ağırlığı 2,3 kg olup boyutları 485mmX360mmX28mm'dir.

Açık devre gerilimi 22,14V, kısa devre akımı ise 1,16A'dır. Şarj düzenleyici 12V 10A'lıktır.



(a) Güneş Paneli.



(b) Kuru akü.



(c) Şarj düzenleyici.

Şekil 4.4. (a) 20 watt güneş paneli, (b) 12V 7A akü ve (c) Şarj düzenleyici.

Şekil 4.4 (c)'de deneyde kullanılan şarj düzenleyici verilmektedir. Üretilen elektriği jel ve kuru akülere depolayabilmektedir. Şarj düzenleyicinin diğer teknik özellikler Çizelge 4.1'de verilmektedir.

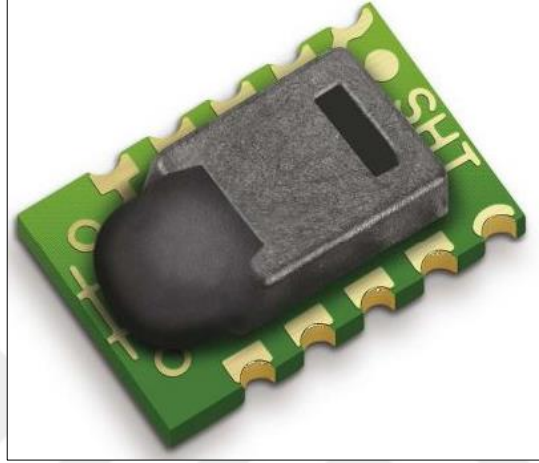
Çizelge 4.1. Şarj düzenleyicinin teknik özellikleri.

Özellik	Değeri
Aşırı Yük Koruması	14,4V ÷1
Başlangıç Voltajı	12,3 ÷1
Kesme Voltajı	10,7V ÷1
Yük Akımı	≤10mA
Çalışma Sıcaklığı	-25°C ile +55°C
Şarj Modu	PWM

4.1.3. Algılayıcı Cihazlar

Algılayıcı düğüm (kovan) sıcaklık, nem ve ağırlık değerlerini okuyarak koordinatöre yollamaktadır. Arduino Mega üzerine XBee kılıf (shield) yardımı ile bağlanan XBee

son ağıta sht11 sıcaklık nem algılayıcı bağlanmıştır. SHT11 içinde 14 bitlik AD dönüştürücü ve seri haberleşme ünitesi vardır. Sıcaklık değeri 14 bit çözünürlükte (varsayılan değerdır, istendiğinde 12 bit seçilebilmektedir), nem değeri ise 12 bit çözünürlükte (varsayılan değerdır, istendiğinde 8 bir seçilebilmektedir) mikrodnetleyiciye iletilmektedir. Şekil 4.5’de sht11 algılayıcısı verilmektedir.



Şekil 4.5. Sht11 algılayıcısı.

-40°C ile +128°C sıcaklıkları arasında $\pm 0,4$ °C hata ile sıcaklık ölçümü, $\pm \%3$ hata ile de nem ölçümü yapabilmektedir. Tepki süresi 8sn olan bu algılayıcı 80uW enerji tüketmektedir. Kovanın altına yerleştirilen ve sürekli olarak ağırlıktaki değışimi okuyan yük hücresi 0-100 kg aralığında ölçüm yapmaktadır. Yük hücresinin toplam hatası $\pm 0,002$ ’dir. Yük hücresinin okuduğı sinyalleri yükseltmek için sinyal yükseltici kullanılmaktadır. Şekil 4.6’da yük hücresi verilmektedir.



Şekil 4.6. Yük hücresi.

Yükseltici, yüksek hızlı ve hassas dönüşüm sağlamaktadır. Alınan düşük voltaj ağırlık bilgisi yükseltilerek Arduino Mega'ya verilmektedir. Çizelge 4.2'de sinyal yükselticinin diğer teknik özellikleri verilmektedir.

Çizelge 4. 2. Sinyal yükseltici teknik özellikleri.

Özellik	Açıklama
D/A Dönüştürücü	16 bit çözünürlük
Yük hücresi sinyal giriş aralığı	-19mV ile +19mV
Minimum yük hücresi sinyal aralığı	<1mV
Doğrusallık	<%0,01
Yük hücresi beslemesi	5 VDC
Bağlantı	4 iletkenle yük hücresi bağlantısı
Güç kaynağı	12-28 VDC, maks. 0,2 A

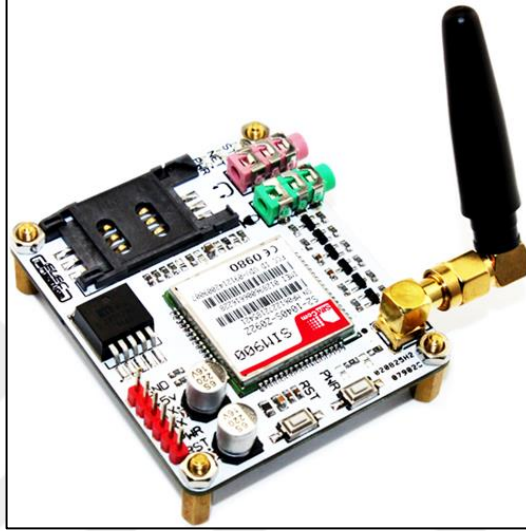
Yük hücresinin mV'lar seviyesindeki ölçüm sonuçlarını Arduino Mega 2560 ile okuyabilmek için sinyalleri yükseltmede sinyal yükseltici kullanılmaktadır. Analog olarak aldığı sinyalleri yine analog olarak ancak sinyali güçlendirerek vermektedir. Deneyde kullanılan sinyal yükseltici Şekil 4.7'de verilmektedir. Yükseltici $\pm 0,0015$ hata oranına sahiptir. 4-20 mA, 0-20 mA, 0-10 V ya da 0-5 V olarak seçilebilen analog çıkış tipleri vardır.



Şekil 4.7. Deneyde kullanılan sinyal yükseltici.

4.1.4. İletişim Cihazları

Koordinatör düğüm de algılayıcı düğümden farklı olarak ağdan toplanan verileri GPRS aracılığıyla internet ortamına aktarması için GSM/GPRS modül bulunmaktadır. Bu kart üzerinde SIM900 GSM modülü bulunmaktadır. Şekil 4.8’de SIM900 şekli verilmektedir.



Şekil 4.8. SIM900 ve Arduino için kılıfı.

Çalışabilmesi için içinde internet paketi olan ve çekim gücü yüksek operatöre ait simkart bulunmaktadır. GSM modem, bir GSM kablosuz ağ ile çalışan bir kablosuz modemdir. Çizelge 4.3’de SIM900’ün diğer teknik özellikleri verilmektedir.

Çizelge 4. 3. SIM900 teknik özellikleri.

GPRS mobil istasyon sınıfı B
Sınıf 4 (2 W 850/900 MHz)
AT komutlarıyla kontrol
Besleme gerilimi aralığı: 3.2 ... 4.8V
Düşük güç tüketimi: 1.0mA
GPRS sınıfı 10 desteği
SMS hücre yayını
Gömülü TCP/UDP protokolü
FTP/http desteği
I2C, GPIO, PWM ve ADC pinleri barındırma

Mobil kullanıcıların dünyanın herhangi bir yerinde istediği zaman etkileşime girmelerini sağlar. Sistemle olan iletişim, RS232 seri port üzerinden gerçekleşmektedir. GSM modül düşük güç tüketiminde yaklaşık 1,2 mA güç tüketmektedir. Dört farklı iletişim bandında (850/900/1800/1900MHz) çalışabilmektedir.

Algılayıcı düğümlerin her birinde bulunan ve koordinatör düğüm ile ağ oluşturan Zigbee modüller 1,6 km iletişim mesafesi olan Digi firmasının ürettiği XBee Pro 63 mW Kablo Anten modülleri kullanılmıştır. Mikrokontrolcüler, bilgisayarlar ve seri porta cihazla sorunsuz bir şekilde bağlanabilir. Şekil 4.9’da Zigbee kablosuz ağı için kullanılan XBee modül verilmektedir.

Noktadan noktaya veya çok noktalı haberleşme modlarını desteklemektedir. 3.3 V ile çalışmakta ve 120 mA akım tüketmektedir. 250 Kbps standart, 1 Mbps maksimum veri hızına erişebilmektedir. 63 mW RF çıkış gücü (+ 17dBm) bulunmaktadır. 1,6 km dış mekân iletişim menzili vardır. 4 adet 10-bit ADC giriş pini ve 15 adet dijital I/O pini bulunmaktadır. 128 bit şifreleme ile güvenli iletişim imkânı sunmaktadır. Kablolu veya kablosuz konfigürasyon imkânı ve AT (ATtention) veya API (Application Programming Interface) komut seti desteği sunmaktadır.



Şekil 4.9. ZigBee iletişim ağı için kullanılan Xbee modül.

4.1.5. Deneyde Kullanılan Bal Arıları

Deneyssel çalışmalarda Kafkas Arı ırkı arılar kullanılmıştır. Kovandaki arı sayısı ve yavru alanı hesaplanırken tam çerçeve ise 1, yarım ise 0,5 şeklinde değerler verilerek hesaplanmıştır. Arı kolonilerinin eşitlenmesindeki durum Çizelge 4.4’de verilmektedir. Kraliçe arılar Trabzon Arıcılar Birliği’nden temin edilmiştir. Deney ve kontrol kolonileri rastgele seçilmiştir.

Çizelge 4.4. Deney başlangıcında kovanların durumları.

	Deney Kolonileri		Kontrol Kolonileri	
	Arı Kolonisi Düğüm 1	Arı Kolonisi Düğüm 2	Arı Kolonisi Düğüm 1	Arı Kolonisi Düğüm 2
Kraliçe Arı	Kafkas Irkı Melezi 11 Aylık	Kafkas Irkı Melezi 8 Aylık	Kafkas Irkı Melezi 9 Aylık	Kafkas Irkı Melezi 8 Aylık
Yavru Alanı	3,5±0,5	3,5±0,5	3,0±0,5	3,5±0,5
Çerçeve Sayısı	6,5±0,5	6±0,5	5,5±0,5	5,5±0,5
Net Ağırlık (kg)	19,57	18,45	16,3	16,42
Ağırlık Brüt (kg)	30,80	29,45	27	27,7

Çizelge 4.4’e göre deney kovanlarından birinci düğümde 11 aylık melez kraliçe bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 25 bin yetişkin arı barındırmaktadır. İkinci deney kolonisinde ise 8 aylık melez kraliçe vardır. Yaklaşık olarak da 20-25 bin yetişkin işçi arı barındırmaktadır. Kontrol kolonilerinde ise 18-22 bin arası yetişkin işçi bulunmaktadır. Kontrol kolonilerinde 8 ve 9 aylık melez kraliçeler kullanılmıştır.

Kolonilerdeki kraliçelerin birbirlerinden farkı, ($p<0.005$) önemsiz derecede azdır. Koloniler aynı bakım ve yönetim koşulları ile bir ay süre ile yönetilmişlerdir. Dört koloniyede içeriği aynı arı keki besin olarak verilmiştir. Nektar akış sezonuna bir ay kala arıları besleme işlemi bırakılmıştır. Böylece arı kolonilerinin nektar akış sezonunda daha çalışkan olacakları düşünülmüştür.

Deneyssel çalışmada kontrol kolonileri kullanılmasının nedeni, deney kolonilerinde sistemin kurulu olması ve bir uyarıcının ortaya çıkabilecek olmasından dolayı, yapılan deneyin geçerliliğini artırmak içindir. Kontrol kolonilerinde herhangi bir sistem kurulu değildir. Deney kolonilerine ise ölçüm ve haberleşme sistemi kurulmuştur [1]. Arıların nektar akış döneminde Kestane bitkisinin baskın olmasından dolayı Kestane balı

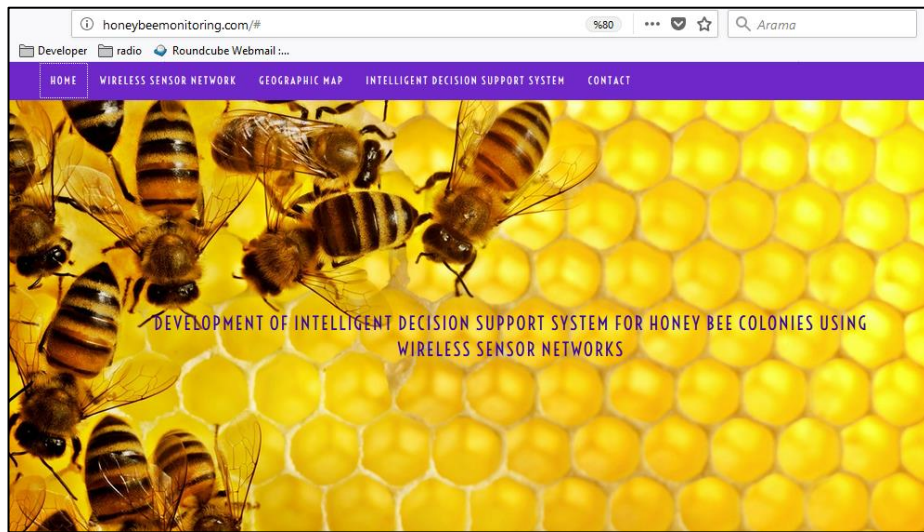
üretimi yapılacaktır. Şekil 6.10’da yönetilen ve deneyde kullanılan arı kolonisinden bir kesit verilmektedir.



Şekil 4.10. Deneyde kullanılan arı kolonisi.

4.1.6. Deneyde Kullanılan Web Alanı ve Özellikleri

Deney esnasında verileri saklamak ve gerçek zamanlı olarak grafikleştirmek için www.honeybeemonitoring.com adındaki alan alınmıştır. Alan adı alındıktan sonra barındırma hizmeti de alınarak web site tasarımı yapılmıştır. Şekil 4.11’de KAA ve ZKDS için geliştirilen web sayfası verilmektedir.



Şekil 4.11. Geliştirilen web sayfasının ana sayfa görünümü.

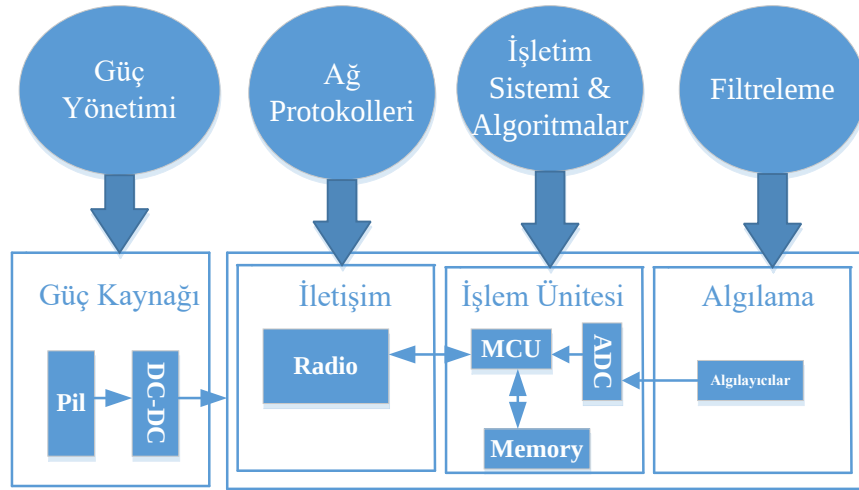
Alınan barındırma hizmetinin özellikleri 1 adet web sitesi barındırma, 1GB SSD disk alanı, 50 GB trafik, 10 adet e-posta, 215 Mb RAM, 1 Core CPU, bir adet mySQL veritabanı, Windows ve Linux desteği sunma gibi verilebilir.

Web alanında Bootstrap şablonlarından çalışma için uygun olan seçilerek tasarım yapılmıştır. Web sayfası back-end (sunucu taraflı) kısmında php kullanılmıştır. Front-end (istemci taraflı) kısmında ise CSS tabanlı hazır şablonlardan faydalanılmıştır. Web sayfası tüm cihazlar için uyumlu (responsive) tasarlanmış ve böylece cep telefonu vb. cihazlarla da rahatlıkla kullanılabilir olmuştur. Web sayfası dört sekmeden oluşmaktadır. İlk sekme de web sayfasının kısa bir tanıtımı yapılmıştır. İkinci sekme gerçek zamanlı olarak KAA'dan alınan verilerin görselleştirildiği sayfadır. Üçüncü sekmede ZKDS verilmektedir. Bu sekmede kullanıcı kendi kolonilerine ait bilgileri girmekte ve gideceği ili seçmektedir. Son sekme ise iletişim bilgilerini içermektedir.

4.2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR

Kablosuz algılayıcı ağ konusu çok farklı alanlarda kullanılmış, elektronikteki teknolojik gelişmelere bağlı olarak gelişme göstermiş, son zamanların en güncel konularından biridir. KAA, kısa mesafede iletişim sağlayan, düşük güç harcayan çok fonksiyonlu algılayıcı düğümlerden oluşmaktadır. Gerçek zamanlı olarak çevresel durumları izlemek için yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Algılama, veri işleme, haberleşme ve güç yönetimi bileşenlerinden oluşan algılayıcı düğümleri işbirlikçi çalışma potansiyeline sahip yapılardır [35]. Şekil 4.12'de algılayıcı düğümünün bileşenleri verilmektedir.

Algılama ünitesi genellikle iki alt birimden oluşmaktadır. Bu alt birimler algılayıcılar ve ADC (Analog to Digital Converter) olarak verilebilir. Analog sinyaller, algılayıcılar aracılığıyla algılanmaktadır. Elektrik sinyallerine dönüştürülen sinyaller, ADC tarafından sayısallaştırılarak anlaşılabilir hale çevrilmektedir. Sayısal sinyaller, üzerinde işlemler yapmak için bu veriler işlem ünitesine gönderilir. İşlem birimi, gelen verileri geçici olarak depolamak için depolama ünitesine sahiptir [35]. İletişim ünitesi, geçici olarak depolanmış verileri kablosuz olarak alıcı – verici tarzında haberleşme ile ilişkili olduğu ana düğüme verir.



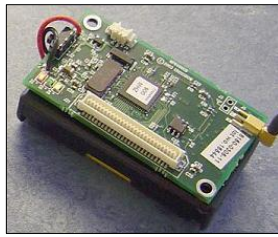
Şekil 4.12. Algılayıcı düğümü bileşenleri [35].

Algılayıcı düğümünün en önemli bileşenlerinden biri de güç kaynağıdır. Güç ünitesi, güneş pilleri gibi bataryalara sahip olabilen algılayıcı düğümünün tüm enerjisini karşılayan ünedir [35].

Algılayıcı düğümü araştırmaları, ilk olarak Berkeley üniversitesinde yapılan “Smart Dust” adlı proje ile ortaya çıkmıştır. Uzun soluklu bu projenin ilk adımı olarak Mote ailesi ortaya çıkmıştır. Sonraları Mica2 Mote (Şekil 4.13 (a)) ve Mica2Dot Mote (Şekil 4.13 (b)) geliştirilmiştir. ATmega işlemci barındıran bu algılayıcı ailesi, TinyOS işletim sistemini kullanmaktadır. TinyOS, kompakt ve basit olay tabanlı bir işletim sistemidir [36]. PicoRadio (Şekil 4.13 (d)) yine Berkeley’de kablosuz araştırma merkezinin geliştirdiği bir diğer projedir. Amaç, düşük maliyetli ve düşük güçlü algılayıcı düğümü geliştirmektir. Bu projenin odaklandığı nokta ise kablosuz bağlantı ve ağ katmanı olmuştur. California Üniversitesi tarafından geliştirilen Medusa Mk-2 ve iBadge (Şekil 4.13 (f)) algılayıcı düğümleri ise birden fazla işlemci kullanmakta ve Bluetooth haberleşmeyi desteklemektedir. Bu cihazlar, ağ geçit yolu için iyi çözümler sunmaktadır. MIT tarafından geliştirilen PushPin algılayıcı düğümü ise haberleşme ünitesi olarak kızılötesi teknoloji kullanmaktadır. 8051 mikroişlemci barındıran düğüm Bertha adında işletim sistemi kullanmaktadır.

EYES (Şekil 4.13 (c)) projesi ise Avrupa Araştırma grubu tarafından geliştirilmiştir. MSP-430F işlemci barındıran bu algılayıcı düğümü, ekstra bellekler ile donatılmıştır.

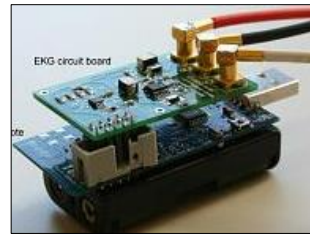
Rockwell Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen μ AMPS(micro-Adaptive Multi-Domain Power-Aware Sensors) (Şekil 4.13 (e)) projesinde düşük güçlü ARM işlemci (SA1-1100) kullanılmıştır. Programla ayarlanabilen enerji sarfiyatı ve enerji yönetim sistemi bu algılayıcı düğümünü diğer algılayıcı düğümlerinden ayıran özellik olarak verilebilir [37]. Şekil 4.13’de kısaca değinilen algılayıcı düğümleri verilmektedir. Algılayıcı düğümlerinde birbirleriyle iletişim kurmak zorunlu bir işlemdir. İletişim şekli RF, Infrared, Bluetooth vb. olabilmektedir. Her bir algılayıcı düğümü diğeri ile iletişim halindedir. İnternet veya uyduya verilen algılayıcı bilgileri kullanıcı tarafından geliştirilen yönetici düğümü ile alınmaktadır [35]. Algılayıcıların iletişimde kullandıkları protokol yığını şu katmanları içermektedir. Protokol katmanları, Uygulama katmanı (Application Layer), Taşıma katmanı (Transport Layer), Ağ katmanı (Network Layer), Veri Bağı katmanı (Data Link Layer), Fiziksel katman (Physical Layer), Görev Yönetim Düzlemi (Task Management Plane), Hareket Yönetim Düzlemi (Mobility Management Plane) ve Güç Yönetim Düzlemi (Power Management Plane) katmanlarından oluşmaktadır. Uygulama katmanı, algılanan algılayıcı bilgisine göre tasarlanabilmektedir. Taşıma katmanı, algılayıcı ağında veri akışını kontrol etmektedir. Ağ katmanı ise taşıma katmanı tarafından akışı kontrol edilen verileri yönlendirme işiyle ilgilenmektedir.



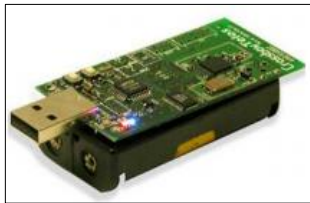
(a) Mica2Dot Mote



(b) Mica2 Mote



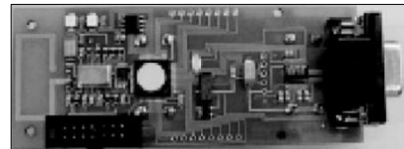
(c) EYES



(d) WEC Mote



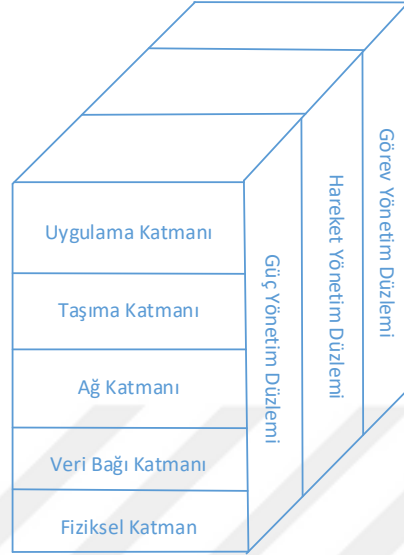
(e) μ AMPS



(f) iBadge

Şekil 4.13. (a) Mica2Dot Mote, (b) Mica2 Mote, (c) EYES, (d) WEC Mote, (e) μ AMPS, (f) iBadge.

Veri bağı katmanı, ortamdaki gürültüleri azaltmak, çarpışmaları en aza indirmek ve MAC (Medium Access Control) protokolünü işletmekle görevlidir.



Şekil 4.14. Algılayıcı ağ protokolleri [35].

Fiziksel katman, modülasyon tekniklerini ve iletileri alma işlevlerini yerine getirmektedir. Şekil 4.14’te protokol yapısı verilmektedir.

Çizelge 4.5. IEEE 802.11 Ailesi.

Standart	Özellikleri
IEEE 802.11	Orijinal WLAN (Wireless LAN – Kablosuz Yerel Ağ) standardı. 1-2 Mbps veri iletim hızlarını desteklemektedir.
IEEE 802.11a	5 Ghz bandında çalışan yüksek hızlı WLAN standardıdır. Kanal başına 54 Mbps veri iletim hızını desteklemektedir.
IEEE 802.11b	Günümüzde en yaygın olan WLAN standardıdır. 11 Mbps veri iletim hızını desteklemektedir.
IEEE 802.11e	IEEE WLAN yapıları için QoS (Quality of Services – Servis Kalitesi) mekanizmaları destekleyen iletişim standardıdır.
IEEE 802.11g	802.11b standardı üzerine kurulan bu standart 2.4 Ghz’de 54 Mbps veri iletim hızına ulaşabilmektedir.
IEEE 802.11h	IEEE 802.11a için dinamik kanal seçimi ve iletim gücü kontrolü sağlamaktadır.
IEEE 802.11i	IEEE 802.1x ile kombine güvenlik özellikleri sunmaktadır.
IEEE 802.11X	IEEE ağları için güvenlik çerçeve standardı özelliği taşımaktadır.

Ayrıca algılayıcı düğümlerinin algılama görev koordinasyonu ve güç tüketimini düşürme gibi işlevleri vardır. IEEE 802.11 standartları ile bu standart ailesi üzerine yapılan diğer çalışmalar Çizelge 4.5’de özetlenmektedir. Güç yönetim düzlemi, bir algılayıcı düğümünün enerjisini nasıl kullanacağını ayarlar. Hareket yönetim düzlemi, algılayıcı düğümlerinin hareketlerini algılar ve kaydeder [35]. IEEE 802.11 standardı, IEEE tarafından kablosuz yerel alan ağı standardı olarak 1997 yılında geliştirilmiştir.

4.2.1. ZigBee Haberleşme Standardı

ZigBee Alliance güvenilir, düşük maliyetli, düşük güçlü kablosuz ağlar için standartlar geliştirmek için birlikte çalışan şirketlerin bir birleşimidir. ZigBee, düşük maliyetli, düşük oranlı kişisel alan ağları için fiziksel ve MAC katmanlarını tanımlayan IEEE 802.15.4 standardına dayanmaktadır. ZigBee, yıldız, ağaç ve peer-to-peer ağ topolojileri için ağ katmanı özelliklerini tanımlamaktadır. IEEE 802.15.4 standardı, düşük hızlı kablosuz kişisel alan ağı (LR-WPAN) için fiziksel ve MAC katmanlarının özelliklerini belirlemektedir. Basit ve esnek bir protokol tanımlaması düzenlerken kurulum kolaylığı, güvenilir veri aktarımı, kısa menzil kullanımı, son derece düşük maliyet ve makul bir pil ömrü de sunmaktadır. ZigBee haberleşme protokolünün fiziksel katmanı, üç frekans bandını desteklemektedir. Bunlar, 2450 MHz (2.4 Ghz) bandında 16 kanallı, 915 MHz bandında 10 kanallı ve 868 MHz bandında 1 kanal şeklindedir. ZigBee ürünlerinin iletişim mesafesi, iletim gücü ve çevresel etkilere bağlı olarak 10m ile 10km arasında olabilmektedir. ZigBee, ilk olarak 2003 yılında duyurulmuş ve 2005 yılında da piyasaya sunulmuştur. Günümüzde kullanılan ZigBee Pro versiyonu ürünler, 2007 yılında yeni güncellemeler ile tanımlanmıştır. ZigBee Pro dinamik kanal seçimine izin vermektedir. Aynı zamanda karmaşık yönlendirmeleri de desteklemektedir. ZigBee Pro eski sürümlerle uyumlu çalışmaktadır. Ağ içinde işlemler son aygıtlar (End Device) üzerinden yapılmaktadır [36].

ZigBee’nin MAC katmanı iki tür düğüm yapısını desteklemektedir. Bunlar azaltılmış işlev aygıtları (Reduced Function Device) ve tam işlev aygıtları (Full Function Device)’dir. FFD’ler, bir ağ koordinatörü veya bir ağ son cihazı olarak hareket etmelerini sağlayan tam MAC katmanı işlevleri setiyle donatılmıştır. FFD’ler, bir ağ koordinatörü olarak hareket ederken, senkronizasyon, iletişim ve ağa katılma

hizmetleri sağlayan işaret parolaları gönderebilirler. RFD'ler yalnızca uç cihazlar olarak işlev görebilir ve dönüştürücüler, ışıklı anahtarlar, lambalar, vb. gibi algılayıcılar/aktüatörler ile donatılabilirler. Yalnızca tek bir FFD ile etkileşime girebilirler. İki temel ağ türü topolojisinden yıldız topolojisinde master-slave ağ modeli benimsenmektedir. Bir FFD, PAN koordinatörünün rolünü üstlenir; diğer düğümler RFD'ler veya FFD'ler olabilir ve yalnızca PAN koordinatörü ile iletişim kurabileceklerdir. Eşler arası (peer to peer) topolojide bir FFD radyo menzili içindeki diğer FFD'lerle konuşabilir ve mesajları bir ara FFD vasıtasıyla radyo kapsama alanı dışındaki diğer FFD'lere aktararak multihop ( ok atlamalı) ağ oluşturabilir. Ağ operasyonunu yönetmek için bir PAN (Personal Area Network) koordinatörü seçilmelidir [36]. PAN koordinatörü, uyku moduna geçebilir ve enerji tasarrufu sağlayabilir.

Bir uç cihazın bir koordinatöre veri göndermesi gerektiği zaman, sinyal işaretinin senkronize olmasını ve daha sonra kanal erişimi için sırayı beklemesi gerekir. Diğer taraftan, bir koordinat rden bir son cihaza iletişim dolaylı biçimde olmaktadır. Koordinatör mesajı depolayabilir. Son cihazlar genellikle zamanının çoğunda uyurlar ve uyarı işaretini bekleyerek koordinat rden aynı mesajları alıp almamalarını görmek için periyodik olarak uyanırlar. Bir mesajın mevcut olduğunu fark ettiklerinde, bunu koordinat rden isterler. Veri aktarımına ek olarak, MAC katmanı kanal tarama ve bağlantı/ayırma işlevleri sunmaktadır. Tarama prosedürü, mevcut PAN'ları ve koordinatörleri bulmak için bir sinyal isteği göndererek ve sinyal için dinleyerek (FFD'ler için aktif tarama) veya sadece dinleyerek (RFD'ler için pasif tarama) birkaç mantıksal kanal taramayı içermektedir. PAN koordinatörü isteği kabul ederse, düğüm daha sonra 64 bit'lik "/genişletilmiş/" IEEE adresi yerine kullanabileceği 16 bitlik bir "/kısa/" adresi alarak iletişime başlayabilir [36].

4.2.2. ZigBee Aygıt Tipleri

ZigBee protokolünün tanımladığı üç tip aygıt türü vardır.

1. ZigBee Koordinatörü (ZigBee Coordinator- ZC): ZigBee koordinatörü (ağda bir tane), tüm ağı yöneten bir FFD aygıtıdır. Aygıtlar içinde en yetenekli olanıdır.

ZC aygıtı, ağ bağlantılarını düzenler ve diğer ağlarla olan köprülemeyi sağlar. ZigBee koordinatörü ayrıca ağda bilgi depolayabilme özelliğine sahiptir. ZigBee koordinatörü, güvenlik anahtarlarının da ağda yönetilmesi ile ilgili bilgileri depolayabilir. Hiçbir zaman uyku moduna geçmeyen ve her ağda olması gereken aygıt türüdür [36].

2. ZigBee Yönlendirici (ZigBee Router- ZR): ZigBee yönlendirici, yönlendirme yeteneklerine sahip bir FFD aygıtıdır. ZigBee sistemlerde geçiş aygıtı olarak görev almaktadır. Veri iletiminden sorumlu olduğu için bu aygıt uyku moduna geçmemektedir [36].
3. ZigBee Son Aygıt (ZigBee End Device- ZED): Ağ içindeki diğer ZigBee koordinatör ve ZigBee yönlendirici aygıtlarıyla iletişim kurmak için yeterli derecede özellik içeren bir RFD cihazıdır. ZigBee son aygıt, az miktarda bellekle gerekli işlemleri yapabilen basit bir cihazdır. Bu da maliyetinin ZigBee koordinatör ve ZigBee yönlendirici aygıtlarından daha düşük olmasını sağlamaktadır. Bu aygıt türü ise enerji tasarrufu için uyku moduna geçebilmektedir [36].

Bir ZigBee ağı, birden fazla ağ topolojisi ile aygıtlar arasında iletişime izin vermektedir. Düğümler arasında veri paketleri gönderilebilir. Her aygıt bir adet MAC adresine ve bir de ZigBee ağ adresine sahiptir. Bütün aygıtlar tarafından paylaşılan bu ağ adresi PAN ID olarak tanımlanır. Veri paketleri şifreli bir şekilde yollanır.

Kablosuz algılayıcı ağlar genellikle belirli bir coğrafi bölge üzerinde fiziksel olguları (sıcaklık, nem, basınç, hız, ışık, gürültü vb.) gerçek zamanlı olarak gözetlemek üzere bir araya getirilmiş çok sayıda düşük maliyetli algılayıcı düğümden (AD) oluşan mikro-elektromekanik sistemler olarak tanımlanabilir. Askeri, endüstriyel, güvenlik ve tıp alanında uygulamalarının yanında tarım ve hayvancılıkta ortam koşullarının görüntülenmesi için KAA yaygın olarak kullanılmaktadır [35]. KAA'da istenilen görevlerin yerine getirilebilmesi için AD'ler algılama, hesaplama, veri saklama ve haberleşme gibi rutin işlemler gerçekleştirir. Algılama biriminde algılayıcılar aracılığı ile çalışma ortamından veriler toplanır. Toplanan veriler, kablosuz olarak merkeze

yollanmaktadır [39]. Wang ve arkadaşları kablosuz algılayıcı ağları kullanarak iki tekerlekli mobil robot tasarımı yapmıştır [38]. Yoshida ve arkadaşları ise bulanık mantık ile hız kontrolü yapılan çalışmada yine kablosuz algılayıcı ağlar kullanmışlardır [39]. Khanna ve arkadaşları bilgi teknolojileri ortamlarında kendi kendini yöneten ve veri akışını otomatik ayarlayan sistemde kablosuz algılayıcı ağları kullanmışlardır [41].

İtalyan telekomünikasyon devi TelecomItalia, kablosuz algılayıcı ağlar ile enerji tasarrufu sağlamak için Kaleidos adında bir proje geliştirmiştir. Bu projede gerçek zamanlı olarak her bir kablunun enerji tüketimi, oda sıcaklığı, nem ve ışık seviyesi ölçülmüş ve uzaktan sistem odası sıcaklığı ve havalandırma işlemleri yapılmıştır. Kaleidos projesi kapsamında %30'lara varan enerji tasarrufu sağlanmıştır [40].

Çevresel durumları izleme ve iklimlendirme amaçlı alanlarda da kablosuz algılayıcı ağlar yoğun bir şekilde kullanılmıştır [40-41]. Tarımsal uygulamalarda sıklıkla kablosuz algılayıcı ağlar kullanılmaktadır. Ligiang ve arkadaşları bitkilerin kırılmasının izlendiği bir çalışmada kablosuz algılayıcı ağları kullanmışlardır. CMOS OV7640 resim algılayıcısı ile alınan görüntüler, CC1101 kablosuz modülü ile ana merkeze yollanmakta ve resim işleme sonucunda veriler analiz edilmektedir [42].

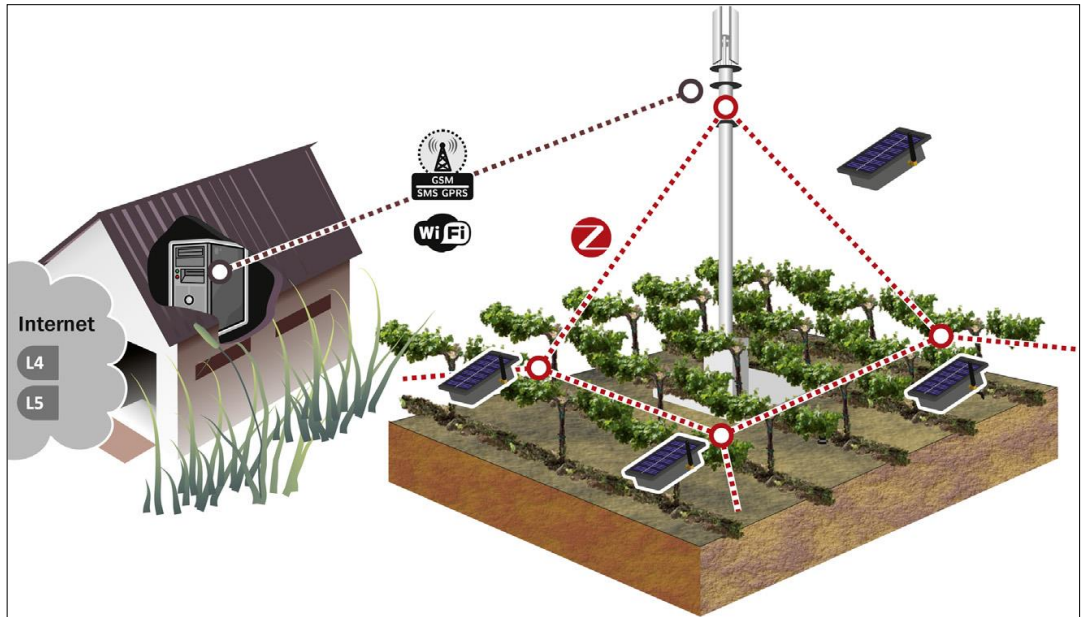
Ülkemizde yaz aylarında çıkan orman yangılarının ormanlarımıza ve ekonomimize büyük zararı olmaktadır. Ülkemizin orman örtüsünün artırılması gerekirken bu orman yangınları örtünün yok edilmesine neden olmaktadır. Orman yangınlarını azaltmanın veya önlemenin en iyi yollarından birisi, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesidir. ASLAN ve arkadaşları tarafından orman yangınlarını görüntülemek ve erken uyarı sistemi kurmak için kablosuz algılayıcı ağ kurulumu yapılmıştır [43].

ZigBee haberleşme protokolü ile kablosuz algılayıcı ağlar kurulabilmektedir. Bağcılıkta kullanılan bu protokol ile üzümlerin olgunlukları ve hastalık teşhisleri yapılmakta ve bağlar uzaktan yönetilebilmektedir [44]. Şekil 4.15'de örnek bir ZigBee kablosuz teknolojisi ile kurulmuş kablosuz algılayıcı ağı görülmektedir. Aqeel-ur-Rehman tarımda kablosuz algılayıcı ağların kullanım alanlarını şu şekilde vermektedir [61]. Bunlar tarımsal sulama [45-49], gübreleme [50-54], hastalık teşhis ve kontrolü

[55], hayvanların ve meraların izlenmesi [56-59], çiçekçilik- bahçıvanlık [60-61] ve bağcılık [62-63] olarak verilmektedir. Hassas tarım uygulamalarında kablosuz ağlar, iyi bir seçenek ve süreç içerisinde kullanılabilir bir yol olarak görülmektedir [64]. Kablosuz algılayıcı ağlar ile hayvanların davranışlarını sınıflamak için çok katmanlı algılayıcı (perceptron) ağlar kullanılmıştır.

Kim ve arkadaşları verimli su yönetimi için kablosuz algılayıcı ağ uygulaması yapmıştır. Dağıtık alan içi algılayıcı tabanlı sulama sistemi, üreticilere su tasarrufu sağlarken verimliliklerini en üst düzeye çıkarmalarına olanak tanıyan, bölgeye özel sulama yönetimini desteklemek için potansiyel bir çözüm getirmektedir. Değişken oranda sulamanın, kablosuz bir algılayıcı ağı tasarımının ve enstrümantasyonunun ayrıntılarını ve gerçek zamanlı saha içi algılama ve sahaya özgü doğrusal hareketli sulama sisteminin kontrolü için ayrıntılı bir çalışma yapmıştır [48].

Wang ve arkadaşları Asp.Net platformunda KAA ile karar destek sistemi geliştirmiştir. Gübreleme karar destek algoritmalarını tarımsal gübreleme ilkeleri modeliyle karar destek sistemi açısından tasarlamışlardır. Bu entegre ve optimal algoritmalar, kullanıcılar için döllenmenin doğru planını sağlamaktadır [54].



Şekil 4.15. ZigBee protokollü kablosuz algılayıcı ağ örneği [44].

Şekil 4.16’da üzerinde numaralar bulunan küçükbaş hayvanlar bulunmaktadır. Bu hayvanların üzerlerine yerleştirilen ivme algılayıcılarından gelen bilgiler, davranışları tanımlamak için kullanılmıştır. Yapay sinir ağları ile otlama, yatma, yürüme ve ayakta durma gibi davranışlar sınıflandırılmıştır [65].



Şekil 4.16. Deneyde kullanılan küçükbaş hayvanlar [65].

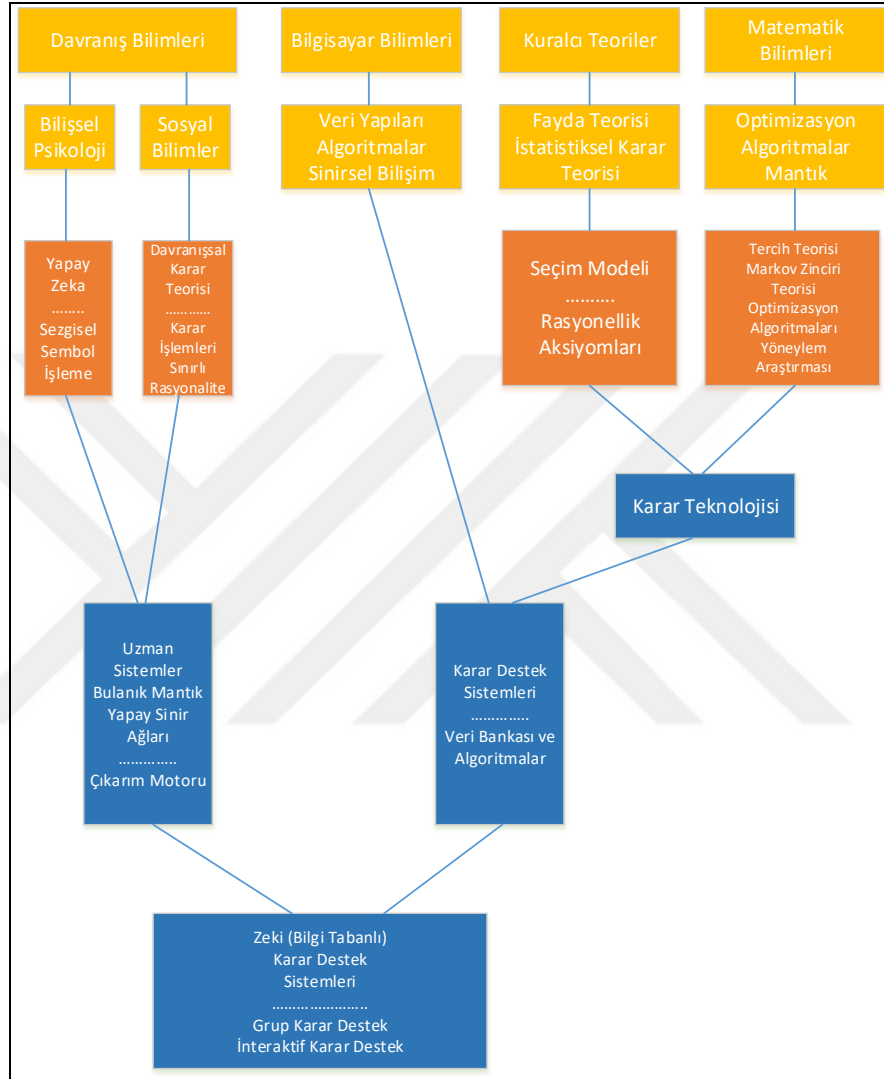
Gerçek zamanlı gözetleme uygulamalarında kullanılan kablosuz algılayıcı ağlar taşımacılıkta, askeri uygulamalarda, toprak kaymaları ve sel felaketlerinde [66] başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

4.3. KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

Karar destek sistemi, önemli kararları güçlendirmek için gözlemsel (deneysel) destek sağlamakta ve karar vericinin yerine geçmekten ziyade, ona karar vermesinde yardımcı olmaktadır. Farklı bilim dallarına göre disiplinler arası karar verme paradigmaları arasındaki ilişki Şekil 4.17’de verilmektedir [67]. Davranış bilimleri, bilgisayar bilimleri, kuralcı teoriler ve matematik bilimleri bileşiminden KDS’leri meydana gelmektedir.

KDS'nin temel amacı, karar verme sürecini desteklemek için büyük miktarda veri üretmek ve gerekli tüm bilgileri bu veriden elde etmektir. Temel olarak, KDS, karar vericiyi sorunun anlaşılması için gereken tüm bilgileri, verileri farklı bakış açılarından keşfetme imkânını ve değerlendirme (alternatif) olanaklarını sağlayan otomatik bir sistemdir. KDS hem ölçülen verileri hem de karar vericinin bilgisini kullanmaktadır.

Aynı zamanda modeller kullanmakta ve nihai kullanıcıyı da kapsayan, etkileşimli ve iteratif olarak yapılandırılmaktadır. KDS, esnek, güçlü ve kullanıcı dostu olmalıdır. Karar verme süreci grafikler, çizimler vb. ile açıklanmaktadır [67].



Şekil 4.17. KDS bilimsel arka plan [67].

Tipik bir KDS, iş hayatında planlama ve yönetmede, sağlık hizmetlerinde, askeri alanlarda ve karmaşık karar verme süreçlerinde kullanılır. KDS, stratejik ve taktiksel karar verme durumunda kalan her durum için geliştirilebilir. Bir KDS'nin üç temel bileşeni vardır. Bunlar veritabanı yönetim sistemi (VTYS), model tabanlı yönetim sistemi (MTYS) ve kullanıcı arayüzüdür (KA). VTYS, DSS için bir veri bankası görünümündedir. VTYS problem ile ilişkili büyük miktarda veri saklayabilir. Ayrıca DSS kullanıcılarından gelen verileri de ilişkili bir şekilde saklayabilir. MTYS, VTYS

benzeri bir rol oynar. MTYS'nin ana görevi, spesifik modeller sağlamasıdır. Bu modeller, hızlıca VTYS içerisine dönüştürülebilir. KA ise sistemin kullanıcı ile iletişim kuran kısmını ifade eder. Burada çift yönlü bilgi akışı vardır. Sistem, kullanıcıdan bilgiler alabilir ve kullanıcının verdiği bilgilere göre kullanıcıya dönüt-tavsiye üretebilir [67].

KDS araştırma alanı, birçok bilim dalının farklı özelliklerinin birleşiminden oluşmaktadır. Şekil 4.17'de verildiği gibi KDS; bilgisayar bilimlerinden veri yapıları, algoritmalar ve sinirsel bilişim, kuralcı teorilerden fayda teorisi ve istatistiksel karar teorisi, matematik bilimlerinden optimizasyon algoritmaları, mantık, tercih teorisi ve yöneylem araştırması konularının birleşiminden oluşmaktadır. Buna ek olarak davranış bilimlerinden davranışsal karar teorisi, bilişsel psikolojiden yapay zekâ, sezgisel sembol işleme, uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları, çıkarım motoru gibi araştırma alanları karar destek sistemlerine dâhil edilince zeki karar destek sistemleri (ZKDS) elde edilmektedir [67].

Karar destek sistemleri, temelde üç farklı türde tasarlanabilmektedir.

1. Model tabanlı KDS (Model-Driven KDS)
2. Veri Bazlı KDS (Data- Driven KDS)
3. Bilgi Tabanlı KDS (Knowledge-Driven KDS)

Küçük bir veritabanı ile çalışan model tabanlı KDS, analiz için hazır modelleri kullanır. Burada “Eğer....olursa” şeklinde tasarlanan modeller işletilir. Veri bazlı KDS ise büyük veri havuzlarından kullanıcıya tavsiyeler çıkaran bilgi sistemleridir. Bilgi tabanlı KDS'ler ise yapay zekanın bir ürünü olan bu bilgi sistemleri, zeki davranış gösteren bilgisayar programlarından oluşur. Bu sistemler, uzman bir insan gibi çıkarım yapabilirler [67].

4.3.1. Zeki Karar Destek Sistemleri

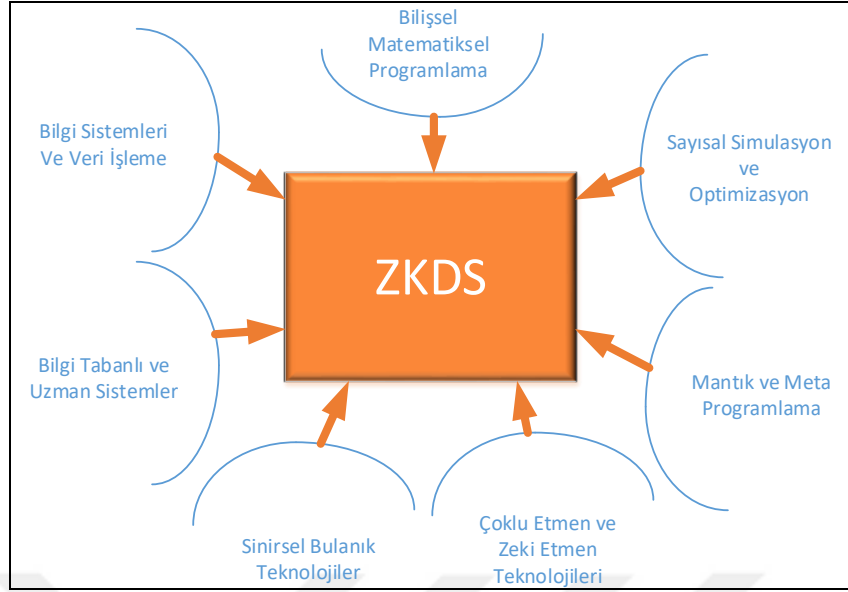
Karar destek sistemi (KDS), karar verme ile ilgili verilerin alınması, özetlenmesi ve analizi yoluyla kullanıcıların karar vermelerine yardımcı olmak amacıyla interaktif bir bilgisayar tabanlı bilgi sistemi olarak tanımlanmaktadır. KDS'nin üç ana bileşeni

şunlardır: veritabanı yönetim sistemi, model bazlı yönetim sistemi ve kullanıcı arayüzüdür. İsteğe bağlı bir dördüncü bileşen olan KDS'nin üç bileşenine bilgi sağlamak için bilgiye dayalı yönetim sistemi (BDYS) (uzman sistem gibi) dahil edilebilir. BDYS'li bir KDS, bilgiye dayalı KDS veya akıllı-zeki KDS (ZKDS) olarak anılır. Bir ZKDS karar destek yeteneklerini artırabilir; sadece karar vericileri doğrudan destekleyen bir araç sunmakla kalmaz, aynı zamanda çeşitli bilgisayarlı karar destek sistemlerini geliştirir. Buradan da bir ZKDS, çevresel bir alanda kararların alındığı zamanı azaltan ve bu kararların tutarlılığını ve kalitesini artıran akıllı bir bilgi sistemidir tanımını yapılabilir. Bu tür sistemler oluşturmak için temelde, yapay zeka alanında geliştirilen teknikler ve araçlar kullanılır.

Genelde karar algoritması ve modelleri özel bir probleme yöneliktir. KDS optimizasyon yöntemleri; matematiksel programlama, çok kriterli modeller vb. içermektedir. Bu tür modellerde uzmanlık bilgisi dikkate alınmaz. Bu yüzden KDS model ve algoritmaları bazen gerçek problemlerde oldukça kötü bir yaklaşım sergilemekte bu da sistemi bilgi işleme yerine sembol işlemeye yönlendirmektedir. Başka bir deyişle, sembol işleme veya bilgi işlemenin hangisinin önce olacağı belirsiz bir hale gelmektedir [67].

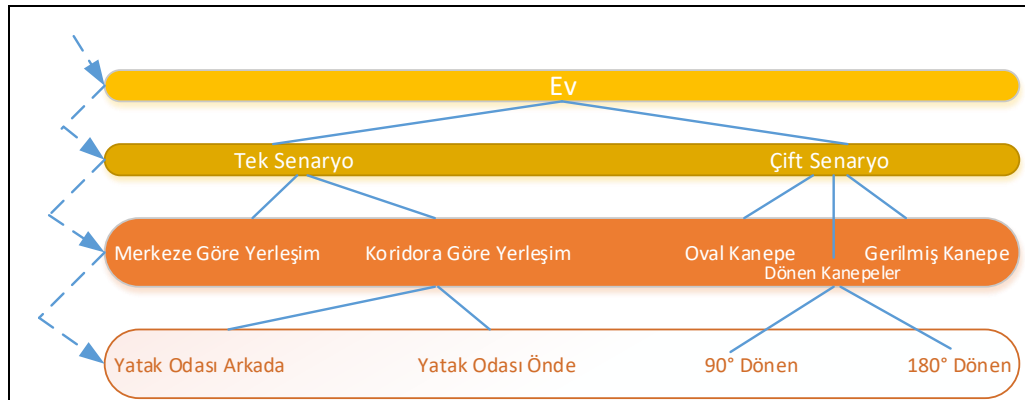
Ayrıca gerçek hayatın karmaşıklığından ve insanların algılama kapasitesinin sınırlı olmasından dolayı, kesin olarak kavrayamadığımız çeşitli durumlar vardır ki, bunlar ancak sözel olarak ifade edilebilir ve bu durum belirsizlik oluşturur. Böyle durumlarda uygun bir şekilde karar verilmesi oldukça zordur ve iyi bir seçme yeteneği gerektirir. Bunun için karar probleminde uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları gibi yapay zekâ teknikleri kullanılarak uzman bilgisi, eksik ve belirsiz bilgi ve durumlar modellenilebilir. ZKDS'nin bilimsel araştırma geliştirme ve teknolojik alt yapısı Şekil 4.18'de verilmektedir [67].

Zeki sistemlerin geliştirilmesinde yapay zekâ biliminin katkısı çok fazladır. Karar vericiden alınacak bilgiler belirli ya da belirsiz bilgiler olabilir. Belirsiz olduğu durumlarda bulanık kümeler devreye girerek belirsizliğin modellenmesi sağlanır. Bulanık kümeler karar vericiye daha geniş bir hareket alanı sağlayarak, uygulamaların gerçek dünyayı yansıtmaya becerisine büyük katkı sağlamaktadır [67].



Şekil 4.18. ZKDS teknolojik altyapısı [67].

Yapay sinir ağları, karar destek sistemlerinde kriterler ve alternatifler arasındaki örüntünün belirlenmesinde, genetik algoritmalar ise KDS fonksiyonlarının optimizasyonunda kullanılmaktadırlar. Bahsedilen yapay zekâ tekniklerini; bir tekniğin eksik yönlerini diğer tekniğin avantajları ile kapatarak birleştirmek işe yarar ve etkin bir yaklaşımdır. Bu şekilde melez zeki karar destek sistemleri elde edilebilmektedir [67]. Karar vericilere tavsiye içeren yazılımlar bu kapsamda değerlendirilirken örneğin bir evin dizaynını yaparken Şekil 4.19'daki gibi yapılandırma yapılabilir. Şekil 4.19'da ev dizaynı için verilen yapı gösterilmektedir. Arama ağacı şeklinde tasarımı yapılan yapı her adımda birden fazla isteğe göre çözümler/tavsiyeler sunmaktadır [68].



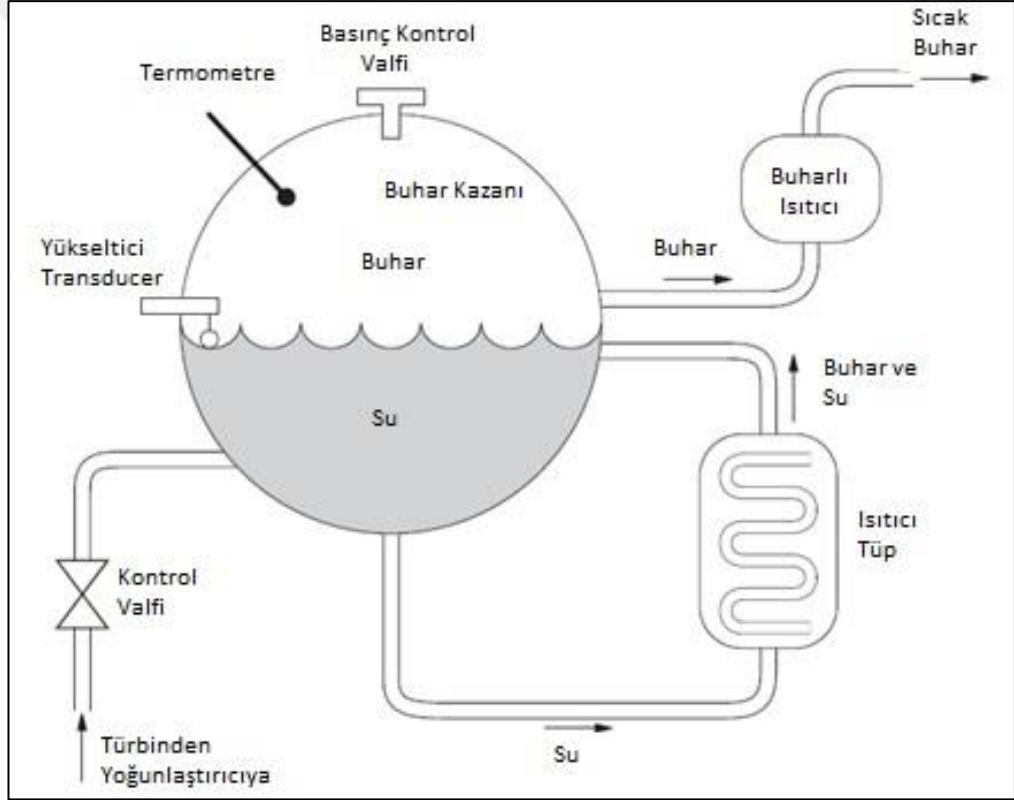
Şekil 4.19. Ev dizaynı için arama ağacı tasarımı [68].

Zeki karar destek sisteminde kural tabanlı sistem tasarımı, bulanık mantık yaklaşımı ile olabilmektedir. Basit *if-then* kuralları ile tasarım yapılmaktadır. Buhar kazanının zeki kontrolünde kullanılan yaklaşım için örnek pseudo (sözde) kod şöyledir. Şekil 4.20’de de sistemin blok şeması verilmektedir [68].

```

/* Kural 2.1 */
IF water level low THEN open control valve
/* Kural 2.2 */
IF temperature high AND water level low THEN open control valve AND shut down boiler tubes
/* Kural 2.3 */
IF steam outlet blocked THEN replace outlet pipe
/* Kural 2.4 */
IF release valve stuck THEN steam outlet blocked
/* Kural 2.5 */
IF pressure high AND release valve closed THEN release valve stuck

```



Şekil 4.20. Buhar kazanı blok şeması [68].

Karar vericilere tavsiyeler oluştururken tek başına kullanılan zeki yöntemler bazen problemin yapısına bağlı olarak yeterli sonuçları vermemektedir. Daha doğru sonuçlar üreten zeki karar destek sistemi oluşturmak için zeki sistemlerin birlikte kullanımına gidilmektedir. Böylece melez sistemler ortaya çıkmaktadır. Sistemde kullanılan parametreleri ayarlamakta bu sistemler birlikte kullanılır [68].

4.3.2. Bulanık Mantık

Bulanık mantık yaklaşımı makinelere, insanlar gibi verileri işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır. İşte bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel, Bulanık Mantık Kümeler Kuramı ve buna dayanan Bulanık Mantıktır [2].

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesi'nden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyurulmuştur. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzen 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 anlaşılabilceği 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 ifadelere izin verilebilir. 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 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 [2].

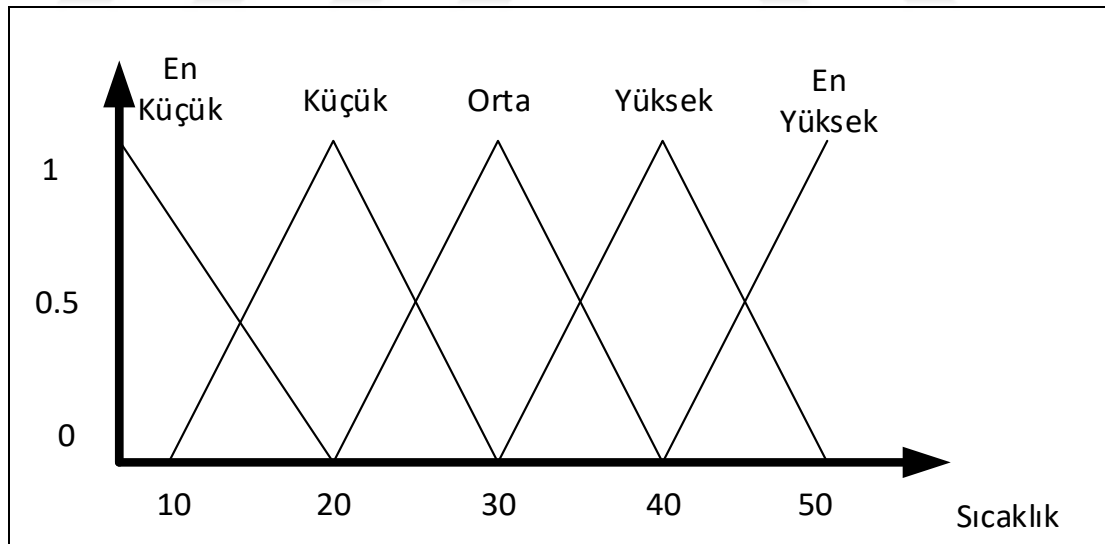
BM temelli bir kümede bir eleman ilgili kümede bir üyelik derecesine sahiptir. Üyelik fonksiyonunun değeri $[0,1]$ aralığında değerler alıyor ise bu küme bulanık kümedir denir. Bu tip kümelerde kısmen üyelik kavramı yer alır. X evrensel kümeyi, x ise bu kümeye ait genel bir elemanı göstermektedir. Bu tür kümelerde, söz konusu evrenin elemanlarının bir A bulanık kümesine ait olma derecesini temsil etmek için üyelik

fonksiyonları belirlenir. X evrensel kümesi içerisinde A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu ile gösterilir ve Eşitlik 4.1 ile gösterilir.

$$\mu_A: X \rightarrow [0,1] \quad (4.1)$$

Bulanık mantık sisteminde, üyelik fonksiyonlarından ortaya çıkarılan dilsel değişken değerleri karar verme sürecinde kullanılır. Kullanıcı bu dilsel ifadelere göre kararını seçer. Her bir kuralın sonucu, girişlerin üyelik derecelerinden, durulaştırma metodu ile sayısal bir değer elde edilmesiyle belirlenir. Üyelik fonksiyonu, giriş ve çıkış değerlerinin dilsel olarak tanımlanmasını sağlar. Her bir üyelik fonksiyonu sistem içinde kullanılan bir parametredir. Üyelik fonksiyonu, 0 ile 1 arasında değerler alabilen geometrik bir şekilden ibarettir. X evrensel kümesindeki A bulanık mantık kümesi Eşitlik 4.2'deki gibi verilir. Burada $\mu_A(X)$, üyelik fonksiyonunu temsil etmektedir [2]. Şekil 4.21'de örnek bir üyelik fonksiyonu verilmektedir.

$$A = \{(x, \mu_A(X)) | x \in X\} \quad (4.2)$$



Şekil 4.21. Örnek üyelik fonksiyonu.

Şekil 4.21'e göre üyelik fonksiyonu sıcaklık bilgisi için tasarlanmıştır. Sıcaklık bilgisi dilsel olarak beş adet değişkenle ifade edilmektedir. Üyelik fonksiyonlarının matematiksel olarak gösteriminde en çok üçgen üyelik fonksiyonu, trapezoidal üyelik

fonksiyonu, sigmoid üyelik fonksiyonu ve gaussian üyelik fonksiyonu kullanılmaktadır. Örnek olarak üçgen üyelik fonksiyonu, Eşitlik 4.3'te verilmektedir.

$$\text{Üçgen}(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & u \leq a \\ \frac{(u-a)}{(b-a)} & a \leq u \leq b \\ \frac{(c-u)}{(c-b)} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \quad (4.3)$$

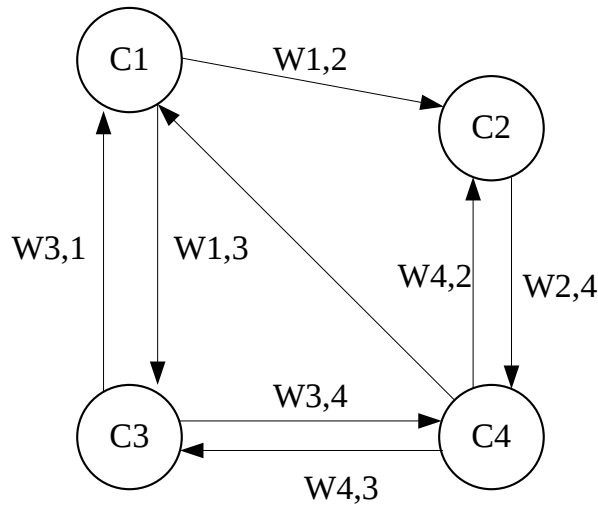
Üçgen üyelik fonksiyonu, üç nokta ile temsil edilir. Bunlar, x eksenindeki a,b,c noktalarıdır.

4.3.3. Bulanık Bilişsel Haritalar

Bilişsel haritalar, bir kişinin belirli bir konuyla ilgili kavramları ve fikirleri temsil etmek için kullandığı grafik araçlardır. Bilişsel bir harita, kavramlar ve aralarındaki nedensel bağlantılar ile karakterize edilir. Kavramlar, araştırılan konu ile ilgili fikir, düşünce ve kilit konuları temsil eder. Kavramlar düğümlerle grafiksel olarak temsil edilir. Bir haritada gösterilen kavramlar nedensel ilişkilerle ilişkilendirilir. Nedensellik/etken veya araç/uç ilişkileri olmak üzere birbirinden ayırt edilebilir. Nedeni veya belirli bir hedefe ulaşmak için gerekli araçları temsil eden kavramlar okun kuyruğunda bulunur ve etkiyi temsil eden kavramlar veya uç ok başında bulunur. Kavramlar da olumsuz ilişkilerle bağlantılı olabilir. Bu, ok başında kavramın ilk kutbunun, ok kuyruğunda yer alan kavramın ikinci kutbu ile ilişkili olduğu düşünülür [69].

Bilişsel haritalar açıklayıcı, öngörülü ve/veya yansıtıcı bir amaçla kullanılabilir. Bilişsel haritalar, bir karar verme sürecinin olduğu bağlamın ve farklı organizasyon aktörlerinin veya insan gruplarının bu karara (açıklayıcı amaç) ilişkin perspektifi vurgulamasına yardımcı olabilir. Belli bir konu ya da durum hakkındaki bilişsel harita geliştirildikten sonra (öngörme amaçlı) bir kişinin davranışıyla ilgili öngörüler yapmak için de kullanılabilirler. Sonunda, bir kişinin belirli bir durumla ilgili fikir ve varsayımlarını yansıtmasına yardımcı olabilir. Kavramların ve fikirlerin grafik gösterimi gerçekten bireylerin mantığını açıkça göstermelerine ve karar verme sürecini

desteklemelerine yardımcı olabilir [69]. Bulanık bilişsel harita, ilk olarak Kosko tarafından 1986 yılında duyurulmuştur. BBH, bulanık mantık ve bilişsel haritanın bir kombinasyonudur. Karmaşık ve belirsiz durumları karakterize ederek sistemlerin anlaşılması için çeşitli seçenekler sunmaktadır. Bilginin sunulması ve anlaşılmasında zeki sistemlerde temel nitelik olan daha esnek ve doğal bir mekanizma sağlamaktadır. BBH, kavram/düğüm faktörlerini içermektedir. Bu faktörler, harita sisteminin önemli elemanlarıdır ve bağlantılıdır. Bağlantılarla faktörler arasındaki nedensellik ilişkileri verilmektedir. Direkt bağlantılar bulanık değerler ile $[0,1]$ ya da $[-1,1]$ arasında bir değer ile etiketlenir ve bu bağlantılar kavramlar arasındaki etkinin gücünü ifade etmektedir [68]. Dinamik sistemlerin BBH kullanılarak modellenmesinin avantajı, problem konseptine ilişkin başlangıç haritası eksik ya da yanlış olsa bile haritaya başka etkenlerin dahil edilebilmesi ve haritadaki yeni parametrelerin cevabının hızlı bir şekilde görülebilmesidir. Nedensellik, her düğüm bağlantısı üzerindeki pozitif (+) ve negatif (-) işaretlerden anlaşılmaktadır. Pozitif nedensellik varsa (+değer), negatif nedensellik var ise (-değer) ve nedensellik – etkileşim yok ise 0 olarak temsil edilmektedir. Şekil 4.22’de örnek bir BBH verilmektedir. Şekil 4.22’deki gibi okların yönü kavramların hangisinin diğerini etkilediğini ifade etmektedir. Şekil 4.22’de C1 kavramı C2 kavramını etkilemektedir. C2 kavramı ise C4 kavramını etkilemekte ve aynı zamanda C4 kavramı da C2 kavramını etkilemektedir. Burada $W_{1,2}$ gibi ifadeler uzmanların görüşü ile sayısal olarak ifade edilir. Aynı zamanda etkinin gücünü temsil etmektedir.



Şekil 4.22. Bulanık bilişsel harita.

BBH, çok farklı alanlarda kullanımı olan bir tekniktir. Bu alanlar mühendislik, çevre yönetimi-modelleme, ilaç endüstrisi, politik bilimler, ekonomi ve yönetimi olarak sayılabilir. BBH ile 2014 yılında Yunanistan’da yenilebilir enerji projeleri için kullanıcı arayüzüne sahip bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Yerel olarak enerji yatırımlarının planlanmasında ve karlılık düzeylerinin belirlenmesinde kullanılmıştır [71]. Papageorgiou tarafından hassas tarımda pamuk üretiminin verim düzeyinin tahmin edilmesinde BBH kullanılmıştır [72]. Ayrıca Papageorgiou elmanın rekoltesinin tahmin edilmesinde de BBH’yı başarı ile kullanmıştır. Altı adet kavram ile tahmin modelini tasarlamıştır. Ağırlık matrisini oluşturduktan sonra lineer olmayan Hebbian öğrenmesi ile sistemin eğitimini gerçekleştirmiştir [70].

BBH, ayrıca sağlık sektöründe tıbbi teşhislerde [73-75] ve ayrıca medikal karar verme süreçlerinde [76] kullanılmaktadır. Bulanık bilişsel harita, var olan bilgi ve insan deneyimleriyle oluşan karmaşık sistemlerin modellenmesi için kullanılan bir metottur. BBH sistemin davranışını tahmin etmek, parametrelerin etkisini test etmek, sistemi analiz ve simule etmek için kullanılmaktadır. BBH, deneyimler ışığında bağlantı matrisini kullanarak modelleme yapmaktadır [70].

Zeki karar destek sistemleri, insanda görülen “akıllı” olarak nitelendirilen davranışların yapay zekâ teknikleri ile yazılımlara aktarıldığı sistemlerdir. Bu tür sistemlerin birkaç sınıfı vardır. Bunlardan birisi, karar vericilere tavsiye veren sistemlerdir. Bu sistemler akıl yürütme, bilgi ve çıkarım yöntemlerini kullanarak uzmanlara/karar vericilere yardımcı olmaktadır. Diğer sınıf ise bilgi ve yazılım paketi şeklinde yapılandırılan ajan diye tanımlı karar vericilere gerektiğinde bilgi veren türlerdir. Beemer ve Gregg yaptıkları çalışmada uzman sistem ile karar destek sistemine zeki karakter vermişlerdir. “if then” kuralları ile uzman sistem tasarımı yapılabilmektedir. Bu karar destek sistemleri, karar vericiye tavsiye veren bir mekanizma tasarlanabilmektedir [77].

Son otuz yıldır tarım arazileri üzerinde kullanılan gübrelerden ve ilaçlamadan kaynaklanan kaliteli toprak kaybı endişe verici boyutlara ulaşmıştır. İlaçların deneysel metotlarla kullanımı yaklaşımı toprağa zarar vermektedir. Gübrelemede kullanılan azotlu gübreler de aynı şekilde yanlış kullanım sonucunda toprağın kalitesini

azaltmaktadır. Topraktaki nitrojen dengesini bilgi tabanı ve analiz modülü vermektedir. Analiz modülü, dört seviyede onbir adet bulanık elemandan oluşmaktadır. Sistemin girişinde on dört adet değişken kullanılmaktadır. Böylece toprağın ne kadar gübrelenmesi gerektiği analiz edilmekte ve toprak kalitesi korunmuş olmaktadır [70].

Öğrenme yeni bilgi edinme, varolan bilgileri, davranışları, becerileri, değerleri veya tercihleri değiştirme süreci olarak tanımlanabilir. İnsandaki öğrenmeye benzer şekilde bir sistemin de öğrenmesi mümkündür. Bu bir takım metot ve kurallar, gözlem ve eğitim ile sağlanabilir. Sistemlerin öğrenmesinde genel olarak üç öğrenme metodundan ve bunların uygulandığı değişik öğrenme kurallarından söz edilebilir.

Bir öğretici aracılığıyla gerçekleşen öğrenme modelinde, örnek olarak doğru bir çıkış verilir. Ağın ürettiği çıktılar ile hedef çıktılar arasındaki fark hata olarak ele alınır ve bu hata minimize edilmeye çalışılır. Bunun için de bağlantıların ağırlıkları en uygun çıkışı verecek şekilde değiştirilir. Bu sebeple bu öğrenme modeline danışmanlı öğrenme denilmektedir. Danışmanlı öğrenme algoritmasının bir “öğretmene” veya “danışmana” ihtiyacı vardır. Widrow-Hoff tarafından geliştirilen delta kuralı ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen genelleştirilmiş delta kuralı veya geri yayılım (back propagation) algoritması danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak verilebilir [78].

Bir öğreticiye gerek duymaksızın eldeki veriler ile öğrenme biçimine danışmansız öğrenme denir. Danışmansız öğrenme mühendislik için bilişsel bilim ve psikoloji gibi çok farklı perspektiflerden etkilenen derin bir kavramdır. Burada ima edilen öğrenen insan, hayvan ya da yapay bir sistem olabilir. Bu gözlemle ilişkili beklenen cevapları, öğretici olmadan üreten sistemlerdir. Bu tür öğrenmede ağa sadece girdiler verilir. Ağın ulaşması gereken hedef çıktılar verilmez. Girişe verilen örnekten elde edilen çıkış bilgisine göre ağ sınıflandırma kurallarını kendi kendine geliştirir. Ağ daha sonra bağlantı ağırlıklarını aynı özellikleri gösteren desenler (patterns) oluşturmak üzere ayarlar [78]. 1949 yılında Kanadalı psikolog Donald Hebb tarafından biyolojik temele dayalı olarak geliştirilmiş olan Hebb algoritması, en eski ve en ünlü öğrenme algoritmalarındadır. Bir danışmansız öğrenme modelidir. Bu öğrenme algoritması,

basit bir mantığa dayanmaktadır: Eğer nöron (A) başka bir nöron (B) girdi alıyorsa ve her ikisi de aktifse, (A) ve (B) arasındaki ağırlık/etkileşim artar. Buradaki öğrenme, sisteme geri besleme olmadığından yerel bir öğrenme olarak kabul edilir. Hebbian öğrenmesi sinir ağlarının öğrenme aşamasında yapay sinir ağlarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [78].

BBH'nın ağırlık matrisi, Hebbian metodu tabanlı danışmansız öğrenme ile çalışabilmektedir. Literatürde ağırlık matrisi eğitiminde en çok tercih edilen, lineer olmayan Hebbian öğrenmesi ve genetik algoritma tabanlı öğrenme çeşitleridir [70].

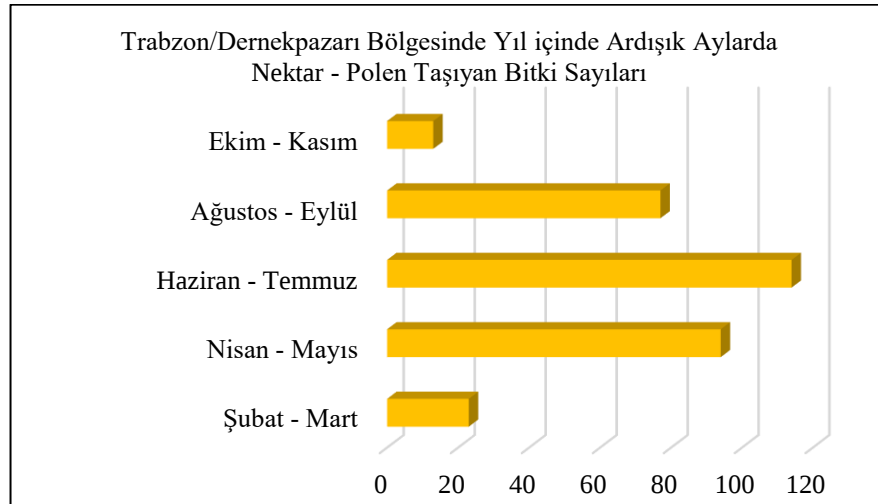


BÖLÜM 5

GEZGİN ARICILAR İÇİN ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

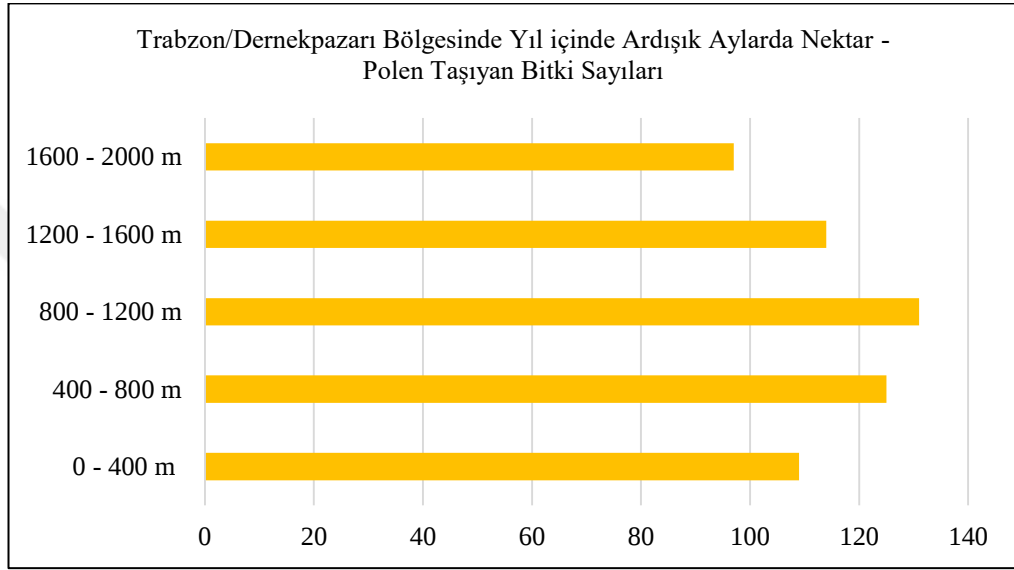
5.1. GEZGİN ARICILAR İÇİN NEKTAR AKIŞININ TESPİTİ

Arıcılıkta başarı sağlayabilmek; nektar kaynakları zenginliğine ve bölgeye uygun şekilde adapte olmuş ekotipe-genotipe sahip bal arısı kullanılmasına bağlıdır. Arıcılıkta en önemli çıktı bal üretimidir. Bal üretiminde en çok etkisi olan bitkiler ise nektar ve polen barındıran bitkilerdir. Öyle ki bazen balın türü ifade edilirken bölgede baskın karaktere sahip bitki adı balın adını oluşturmaktadır (Kestane balı gibi). Trabzon ili Dernekpazarı ilçesinde nektar veya polen taşıyan bitki sayısı 137 adettir [12,13]. Bu bitkilerin bir kısmı nektar bakımından zengin iken bir kısmı da polen bakımından zengindir. Bazı bitkiler ise hem nektar hem de polen bakımından zengin olabilmektedir. Bu bitkilerin her birinin çiçeklenme dönemleri farklıdır. Çiçeklenme dönemlerinde bitkilerin nektar ve polen yoğunlukları artmaktadır. Ayrıca bu bitkiler farklı yükseltilerde yetişmektedirler. Şekil 5.1’de deney bölgesi için nektar-polen taşıyan bitkilerin çiçeklenme zamanına göre sayıları verilmektedir.



Şekil 5.1. Nektar-polen taşıyan bitkilerin aylara göre sayıları.

Şekil 5.1’de verildiği gibi Mayıs – Ağustos dönemi nektar-polen taşıyan bitki sayısının yüksek olduğu zaman dilimleridir. En yüksek sayı ise Haziran-Temmuz döneminde görülmektedir. Nektar-polen taşıyan bitki sayısı arttıkça arıların ziyaret edebileceği kaynaklar da artmaktadır. Nektar veya polen bakımından zengin bitkiler farklı yükseltilerde çiçeklenmektedirler. Şekil 5.2’de farklı yükselti dönemlerindeki nektar ve polen taşıyan bitki sayıları verilmektedir.



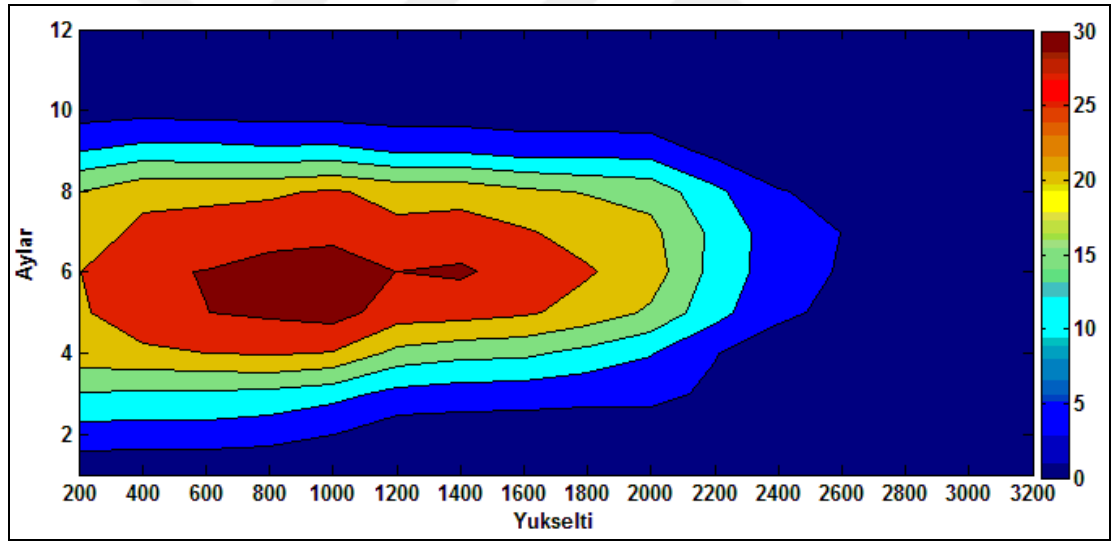
Şekil 5.2. Nektar-polen taşıyan bitkilerin yükseltiye göre sayıları.

Şekil 5.2’de nektar-polen taşıyan bitki sayılarının 0-1600 m arasında kümелendiği görülmektedir. Varsayımsal olarak diğer şartlar göz ardı edildiğinde 0-1600 m aralıklarında arıcılık faaliyetinin yapılabileceği düşünülebilir. Ancak istenen düzeyde bal üretiminin olabilmesi için nektar –polen potansiyeli olarak baskın olan bitkilerin yükseltileri ve çiçeklenme dönemleri dikkate alınmalıdır. Bu aşamada bitkilerin sahip oldukları nektar-polen oranına bağlı olarak değerlendirilmeleri gerekmektedir. Bal oluşumunu dikkate aldığımız için nektar ve polen potansiyellerini ayrı ayrı her bir bitki için hesaplayıp toplamak gerekmektedir. Eşitlik 5.1’de N_i i. nektarlı bitkinin sahip olduğu nektar oranını, N_{ic} ise nektarın bal oluşumuna etkisini ifade eden katsayıyı ifade etmektedir. P_i i. polen potansiyeline sahip bitkinin ne kadar polene sahip olduğunu, P_{ic} ise polenin bal oluşumuna etkisini ifade eden sabit değeri-katsayıyı vermektedir. Buradaki katsayılar çalışmanın paydaşları içinden seçilen uzmanlar ile yapılan anketler sonucunda ve literatüre bakılarak belirlenmiştir. BBH ile anketler

yorumlanmış ve nektarın bal oluşumuna etkisi 0,8, polenin bal oluşumuna etkisi 0,2 olarak tespit edilmiştir.

$$\sum_{i=0}^{i=n} Ni * Nic + Pi * Pic \quad (5.1)$$

Eşitlik 5.1 ile bir bölge için hem yükselti hem de çiçeklenme dönemleri (zamansal ve mekânsal) dikkate alınarak nektar akışını gösteren yoğunluk grafiği çıkartılabilir. Trabzon Dernekpazarı bölgesi için Eşitlik 5.1 işletildiğinde nektar yoğunluğu Şekil 5.3'deki gibi olmaktadır. 600 m-1200 m yükselti aralığı ve Mayıs – Temmuz ayları en fazla verimin alınacağı dönemlerdir. Bölgede nektar-polen bakımından baskın bitki olan kestane ağacının da çiçeklenme için yükselti ve zaman dönemleri aynıdır.



Şekil 5.3. Trabzon ili Dernekpazarı ilçesi nektar yoğunluk grafiği.

Şekil 5.3'de de verildiği gibi koyu kırmızı renkteki bölge bal verimi açısından en uygun zaman ve yükseltiyi vermektedir. Bu aşamadan sonra bir arıcının bölgeye ne zaman ve hangi yükseltiye arı kolonilerini yerleştirmesi gerektiği belirlenmiştir. Şekil 5.3 aynı zamanda iki boyutlu bir yoğunluk haritası olarak da düşünülebilir. Uygun arı kolonileri ile uygun meteorolojik şartların olması durumunda (yağışın az olması, sıcaklığın uygun aralıklarda olması) belirtilen zaman ve yükselti de arıcının nektar akış mevsimini verimli geçirmesi mümkündür.

5.2. ZEKİ KARAR DESTEK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Çevresel uygulamalarda başarı sağlayabilmek için öncelikle çalışma konusunun kavramsal olarak modellenmesi gerekmektedir. Kavramsal modeller ilişkileri açıklayabilir, fikirleri test edebilir, bilgiyi tanımlayabilir, nedensellikleri açıklayabilir ve kontrol edebilir [80]. Kavramsal modeller paydaşlardan nitelikli bilgi edinme ile başlar. Bu bilgi sistemin mimarisini ve sistemin çalışmasını ifade eder [81]. Bu çalışmada metodolojik bir yaklaşım ile kavramsal modelleme yaklaşımı kullanılması benimsenmiştir. Bu yaklaşım üç temel adımı içermektedir. Bu adımlar şu şekilde açıklanabilir.

Adım 1: Paydaşların belirlenmesi (Enstitüler, Tarımsal Ajanslar ve Akademisyenler).

Adım 2: Çalışma konusu ile ilgili kavramların nedensel ilişkilerini belirleyecek ve tanımlayacak uzmanların paydaşlar içerisinde seçilmesi.

Adım 3: Kavramsal haritanın geliştirilmesi ve sonuçları üzerinde tartışmaların yapılması.

5.2.1. Paydaşların Belirlenmesi ve Uzmanların Seçimi

Çalışmanın paydaşlarını belirlemek amacıyla her ilde bulunan, çiftçilere tarımsal aktiviteler hakkında destekler sunan ve doğayı korumak gibi bir de görevi olan Tarım Kredi Kooperatifleri (TKK) ile görüşülmüş ve bu kurum ilk paydaş olarak belirlenmiştir. Arı biyolojisi, kovan yönetimi ve sürdürülebilir arıcılık faaliyetleri alanlarında akademik çalışmalar yapan Arıcılık Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü ikinci paydaş olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda bu enstitü, bünyesinde birçok proje geliştirmiştir.

Çalışmada son paydaş olarak Arıcı Birlikleri seçilmiştir. Arıcı birlikleri her ilde örgütlenmiş ve arıcıların kendi aralarında kovan, arı, deneyim paylaşımında bulundukları birliktir. Bu üç paydaş da politika yapıcılara tavsiyeler sunmaktadırlar. Çalışmada bu üç paydaştan uzmanlar seçilerek iş birliği yapılmıştır. Bu bölüm gezici arıcıların gidecekleri bölgeler için bilgi edinmelerini sağlayan bulanık bilişsel haritalar kullanılarak geliştirilmiş zeki karar destek sistemini içermektedir. Arıcılıkta yüksek

verime gezici arıcılık ile ulaşılabilmektedir. Gezici arıcılar nektar kaynaklarının yoğun olduğu bölgelere kovanlarını götürerek bal üretim sezonunu tamamlamaktadırlar. Arı yetiştiricileri, gidecekleri bölgeleri seçerken geçmiş yıllarda edinmiş oldukları deneyimlerine bakarak hareket etmektedirler. Bu çalışmada, gezici arıcılara gitmek istedikleri bölgeler için bal verimi konusunda bilgi verecek yazılım geliştirilmiştir. Bulanık bilişsel haritalar kullanılarak geliştirilen yazılım, arıcıların gidecekleri yerleri seçmelerine yardımcı olacak zeki karar destek sistemidir.

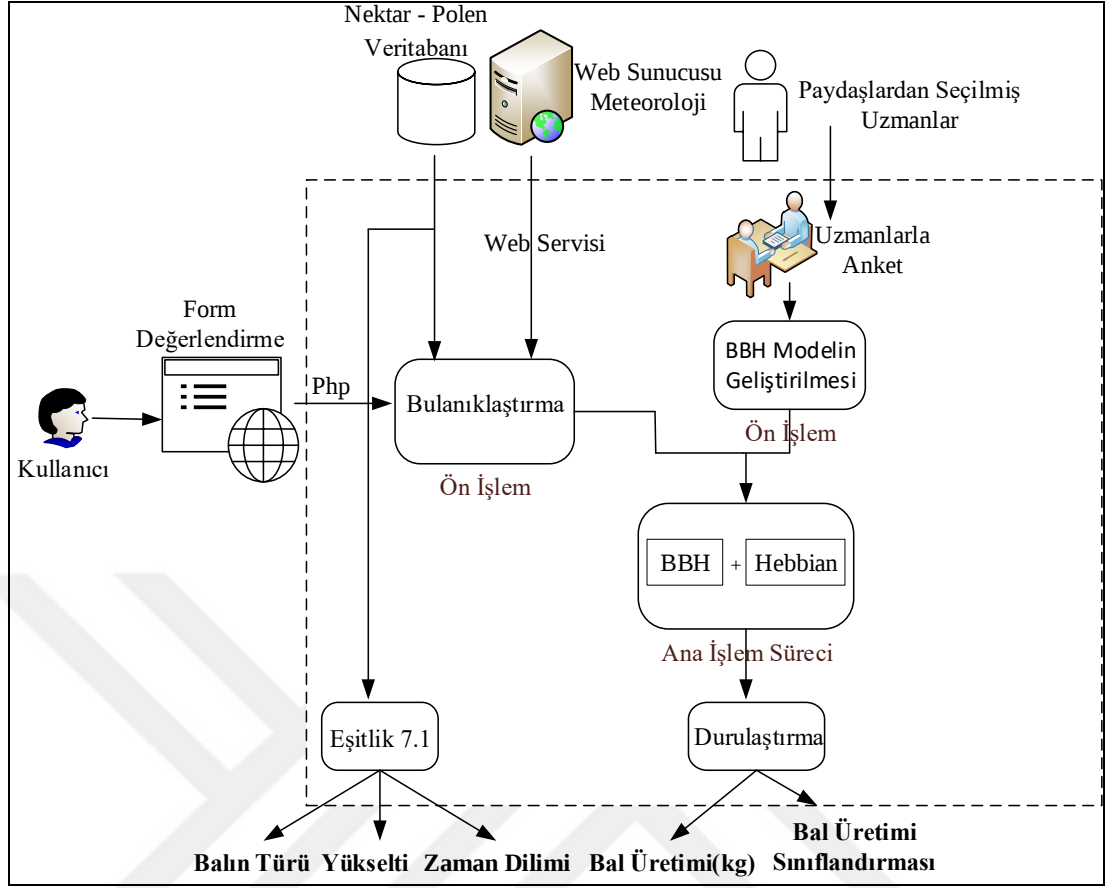
5.2.2. Kavramsal Modelleme

Kavramsal model tasarımının ana unsuru nedensel haritadır. Nedensel harita sunulan faktörleri ve aralarındaki negatif/pozitif ilişkileri içermektedir. Burada her bir faktör detaylıca incelenmektedir. Şekil 5.4’de zeki karar destek sisteminin çalışma prensibi blok şema olarak verilmektedir. Burada paydaşlarla BBH modeli geliştirilmiştir. Ağırlık matrisi de yine paydaşlar içinden seçilen uzmanlar ile yapılan anket sonucunda başlangıç değerlerini almıştır.

Kullanıcı sisteme girdiğinde, kendisine elindeki arı kolonileri ile ilgili oniki adet soru sorulmaktadır. Bu sorular arka planda çalışan php web sayfası ile alınıp bulanıklaştırılmaktadır. Meteorolojik veriler, Devlet Meteoroloji Müdürlüğü web sitesinden çekilerek bulanıklaştırılmaktadır.

Nektar veya polen içeren bitkilerin isimleri, yetiştiği yükselti aralıkları, çiçeklenme dönemleri ve yoğunlukları hazırlanan mySql veritabanına eklenmiştir. Bu bilgi, kullanıcı gitmek istediği ili seçtiği zaman otomatik olarak veritabanından çekilmekte ve BBH için bulanıklaştırılmaktadır. Kullanıcı bilgileri, nektar-polen bilgisi ve meteorolojik bilgiler ile geliştirilen BBH harita, lineer olmayan Hebbian algoritması ile belirlenen durdurma kriterine kadar çalıştırılmaktadır. Durdurma kriterine gelindiğinde sistem o anki durum vektörünü kullanıcının anlayacağı şekilde kullanıcıya göstermektedir.

Arı yetiştiriciliğinin ilk amacı, bal üretimi sağlamaktır. Bal üretimi için kovan içinde ve dış ortamda olmak üzere çeşitli şartların uygun olması gerekmektedir [82].

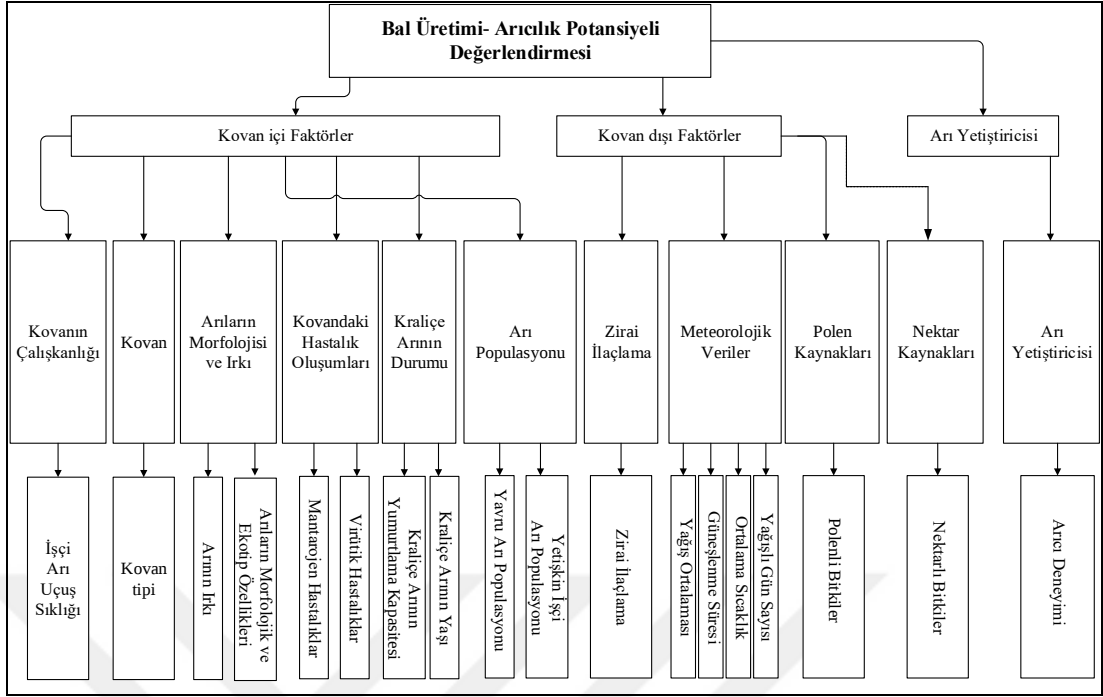


Şekil 5.4. ZKDS'nin blok diyagramı.

Bal üretimini etkileyen nedenler olarak hastalıklar ve meteorolojik şartlar verilebildiği gibi bunların haricinde de etkenler vardır. Bu etkenler;

1. Kolonilerin bulunduğu bölgedeki nektarlı-polenli bitki sayısı ve yoğunlukları
2. Kolonilerdeki arı sayıları ve çalışkanlıkları
3. Kolonide bulunan kraliçe arının yaşı, doğurganlığı
4. Kolonilerdeki arıların ırk ve morfolojik olarak bölgeye uygunluğu
5. Kolonilerin bulunduğu bölgeye yakın zirai ilaçlama olup olmadığı ve ilaçlama yoğunluğu
6. Kolonilerin içinde olduğu kovan tipleri
7. Arı yetiştiricisinin deneyim ve bilgisi

olarak verilebilir. Bulanık bilişsel harita geliştirilirken bal üretimine odaklanılmıştır. Şekil 5.5'de paydaşlarla yapılan bal üretimi değerlendirmesini gösteren şema verilmektedir.



Şekil 5.5. BBH için bal üretim değerlendirme.

Şekil 5.5’de şemada paydaşlarla belirlenen ve bal üretimine etkisi olan her bir etkenin literatürdeki yerine bakınca bal arılarının sayılarının azalmasında ve bal üretiminin az olmasında nasıl etkili oldukları görülmüştür. Bu faktörler, kovanda oluşan virütik hastalıklar, mantarojen hastalıklar ve çevresel etmenler olarak verilebilir. Virütik hastalık olarak bugün bilinen en önemli zararlı, varroa zararlısıdır [83]. Varroa zararlısı, bir kovana bulaştığında hızlı bir şekilde arıları yok etmektedir [84]. Varroa zararlısı gibi Nosema paraziti de arıların yaşam ömürlerini azaltan, performanslarını azaltan bir hastalıktır [85]. Bunların haricinde yavru çürüklüğü hastalıkları da arı kolonilerinin gelişimini olumsuz bir şekilde etkilemektedir [86]. Yavru çürüklüğü hastalıkları olarak, Amerikan ve Avrupa yavru çürüklüğü hastalıkları oldukça yaygın görülmektedir [87]. Arı yetiştiriciliğinde açıklanamayan ve çözülmemiş, literatüre girmiş yerel olarak gelişen çeşitli salgınlar da bulunmaktadır [88]. Bu salgınlar arasında toplu arı ölümleri de bulunmaktadır. Alman arı izleme programı sonuçlarına göre akar istilaları ile kış ölümleri arasında anlamlı pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir [21].

Çevresel etmenler arıların dış ortamdaki davranışlarını etkileyen ve dahası bal üretimini etkileyen faktörlerdendir. Küresel ısınma ve mevsimsel değişikliklerin arılar

üzerindeki olumsuz etkilerini anlatan en iyi örneklerden birisi olarak Yunanistan’da yapılan çalışma verilebilir. Bacandritsos ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ani toplu arı ölümleri araştırılmış ve beş farklı virüs çeşidinin ölümlerin sebebi olduğu ortaya çıkmıştır. Virüs oluşumlarını tetikleyen sebepler arasında sıcaklık ve nem değerlerindeki dalgalanmalar olduğu görülmektedir [89].

Bal arılarının yerleştirildiği bölgelerdeki nektarlı bitkiler ve bu nektarlı bitkilerin taşıdıkları nektar yoğunlukları, bal üretimi için çok önemlidir. Arılar, bitkilerdeki nektarlar ve polen ile bal üretimi yapmakta ve aynı zamanda kovandaki yavruları beslemektedir [20].

Bal arılarının yıl içindeki dönemlere göre ömürleri değişmektedir. Kovanda devamlılığın sağlanması için kraliçe arının sürekli olarak yumurtlaması gerekmektedir. Koloninin devamlılığı için kraliçenin yaşı ve yumurtlama kapasitesi hayati öneme sahiptir. Kraliçenin yumurtlama kapasitesi düştüğünde işçi arılar yeni bir kraliçe için çalışmaya başlamaktadırlar. Bal üretiminde arı sayısının yeterli seviyede olabilmesi için kraliçenin de yeterli düzeyde yumurtlaması gerekmektedir [90]. Arıcılıkta başarı sağlayabilmek için kovanların yerleştirildiği bölgedeki şartlara uyum sağlamış ekotiplere sahip arılara ihtiyaç vardır. Türkiye, iklimi gereği çok farklı ekotipe sahip arılar barındırmaktadır. Nektar toplama, hırçınlık göstermeme ve çevreye karşı dayanıklı olma gibi arı davranışları çevreye adapte olmuş arılar ile başarılabilmektedir [91]. Bal üretiminde bir başka önemli etken zirai ilaçlamadır. Bal arılarının yerleştirildiği bölgelerdeki zirai ilaçlamalar, arıların genetik yapısını etkilemektedir. Uzun süre maruz kalındığında ise genlerin yapısını bile bozmaktadır [92].

5.2.3. Modelin Geliştirilmesi

Çalışmanın matematiksel modelleme aşamasında BBH’daki kavramların matematiksel olarak ifade edilmesi verilmektedir. Bu çalışmada bal üretimine etki eden unsurlar modellenerek zeki karar destek sistemi geliştirilmiştir. Modellemede bulanık bilişsel haritalar kullanılmıştır. Kavramlar seçilirken bal üretimine etki eden faktörler dikkate alınmıştır. Zirai ilaçlama bilgisine ulaşamadığı için kavramlara

eklenmemiştir. Üyelik fonksiyonu tipleri ve yerleşimleri uzman bilgisi ile belirlenmiştir. Çizelge 5.1’de uzman görüşüne göre oluşturulan kavramlar ve birimleri verilmektedir.

Çizelge 5.1. Bulanık bilişsel haritanın kavramları.

Kavramlar	Üyelik Fonksiyon Sayısı	Birimi
C1: Nektarlı bitkiler	Üç üyelik fonksiyonu	%
C2: Polenli bitkiler	Üç üyelik fonksiyonu	%
C3 Ortalama sıcaklık	Üç üyelik fonksiyonu	°C
C4: Güneşlenme süresi	Üç üyelik fonksiyonu	Saat
C5 Yağışlı gün sayısı	Üç üyelik fonksiyonu	Adet
C6 Yağış ortalaması	Üç üyelik fonksiyonu	kg/m
C7: Yetişkin işçi arı popülasyonunun büyüklüğü	Beş üyelik fonksiyonu	cm ² /koloni
C8: Yavru arı popülasyonunun büyüklüğü	Beş üyelik fonksiyonu	cm ² /koloni
C9: Kraliçe arının yaşı	Üç üyelik fonksiyonu	Ay
C10: Kraliçe arının yumurtlama kapasitesi	Beş üyelik fonksiyonu	%
C11: Virütik hastalıklar	Beş üyelik fonksiyonu	%
C12: Mantarogen hastalıklar	Beş üyelik fonksiyonu	%
C13: Arıların morfolojik ve ekotip özellikleri	Kesin Değer	Yok
C14: Arının ırkı	Kesin Değer	Yok
C15: Arıcının deneyimi	Beş üyelik fonksiyonu	Yıl
C16: Kovan tipi	Kesin Değer	Yok
C17: İşçi arıların uçuş sıklığı	Beş üyelik fonksiyonu	%
C18: Bal üretimi	Üç üyelik fonksiyonu	kg/koloni

Uzman görüşüne göre oluşturulan kavramlarda bazılarının biriminin olmadığı görülmektedir. Bu kavramlar C13 (Arıların morfolojik ve ekotip özellikleri), C14 (Arının ırkı) ve C16 (Kovan Tipi) kavramlarıdır. Bu kavramlar, üyelik fonksiyonları ile değil de kesin değerler ile ifade edilmiştir. C13, C14 ve C16 kavramları bal üretimi için çok önemli kavramları ifade etmektedir. Alabilecekleri değerler, belli başlı değerlerdir. Bu nedenle kesin değerler ile ifade edilmişlerdir.

Uzman görüşüne göre C13 (Arıların morfolojik ve ekotip özellikleri) adlı kavramın alabileceği değerler kovanların yerleştirileceği bölgeye uyum sağlamış yapıda arı var ise C13=1, uyum sağlamış arı yok ise C13=0,3 olarak belirlenmiştir. Yine aynı şekilde C14 (Arının ırkı) kavramı da kesin değere sahiptir. C16 (Kovan tipi) kavramı Eşitlik 5.2’ye göre değerlendirilmiştir.

$$f(C16) = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } C16 = \text{Termo – Özel Kovan} \\ 0.8 & \text{Eğer } C16 = \text{Modern Kovan} \\ 0.2 & \text{Eğer } C16 = \text{İlkel kovan vb.} \end{cases} \quad (5.2)$$

Çizelge 5.2’de kavramların sınır değerleri verilmektedir.

Çizelge 5.2. Kavramların sınır değerleri.

	Nektarlı Bitkiler (%)	Polenli Bitkiler (%)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Güneşlenme Süresi (Saat)
Düşük	0-30	0-30	0-10	0-3
Orta	30-60	25-50	10-20	3-6
Yüksek	60-100	50-100	>20	>6
	Yetişkin İşçi Arı Populasyon Büyüklüğü (cm²/colony)	Yavru Arı Populasyon Büyüklüğü (cm²/colony)	Kraliçenin Yumurtlama Kapasitesi (%)	Virütik Hastalıklar (%)
Çok Düşük	0-20	0-20	0-20	0-10
Düşük	20-30	20-30	20-35	10-20
Orta	30-50	30-50	35-55	20-50
Yüksek	50-70	50-70	55-75	50-75
Çok Yüksek	>70	>70	>75	>75
	Bal Üretimi (kg/colony)	Kraliçenin Yaşı (Ay)	Yağış Ortalaması (kg/m2)	Yağışlı Gün Sayısı (Adet)
Düşük	0-10	0-12	0-30	0-15
Orta	10-20	12-36	30-60	15-25
Yüksek	>20	>36	>60	>25
	İşçi Arı Uçuş Sıklığı (%)	Arıcı Deneyimi (Yıl)	Mantarojen Hastalıklar (%)	
Çok Düşük	0-10	<3	0-10	
Düşük	10-20	3-5	10-20	
Orta	20-50	5-10	20-40	
Yüksek	50-70	10-15	40-60	
Çok Yüksek	>70	>15	>60	

Bu kavram için seçilen bölgeye uygun arı seçildi ise C14=1, uygun arı ırkı seçilmedi ise C14=0,2 olarak belirlenmiştir. Kovan tipi de yine aynı yöntem ile belirlenmiştir. Kesin değerler ile ifade edilen kavramlar aslında arıcılıkta başarı sağlamada olmazsa olmaz kavramlardır. Kavramlar belirlendikten sonra üyelik fonksiyonu ile temsil edilen kavramların sınır değerleri belirlenmiştir.

Kavramlar, BBH içerisinde durum vektörü olarak ifade edilmektedir (A_i). Durum vektörü sistemin davranışı ile ilgili bilgi vermektedir. Anlık olarak sistemin bir görüntüsünü içermektedir [95]. Kavramların bir kısmı veri tabanından çekilirken bir kısmı kullanıcıdan istenmektedir. Kullanıcıya 12 adet soru sorulmakta ve alınan

cevaplar bulanıklaştırılarak sisteme dahil edilmektedir. C3, C4, C5, C6 kavramları meteorolojik veriler olduğu için Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Bu veriler, son elli yılı kapsayan verilerdir. Bal üretiminde ortamın nem değeri önemli bir etkindir. BBH'ın daha hassas sonuçlar vermesi için nem kavramı yerine C5 (Yağışlı gün sayısı) ve C6 (Yağış ortalaması) kavramları sisteme dahil edilmiştir.

C18 (Bal Üretimi) adlı kavram, bu bilgi sisteminin çıktısını oluşturmaktadır. Bu çıktı değeri, üç üyelik fonksiyonu ile ifade edilmektedir. Düşük, Orta ve Yüksek olarak belirlenen üç üyelik fonksiyonu arı yetiştiricisine gideceği bölge de ne kadar bal üretebileceğini vermektedir. Çıkış üyelik fonksiyonu, 0-10, 10-20 ve 20'den büyük şeklinde tasarlanmıştır. Çıkış kavramı aynı zamanda çıktı karar kavramı olarak da adlandırılmaktadır [96]. Kavramların üyelik fonksiyonları sayısı, hangi tip üyelik fonksiyonu ile temsil edileceği de yine uzman görüşü alınarak belirlenmiştir. Şekil Ek A 1'de kavramlar için belirlenen üyelik fonksiyonları verilmektedir.

5.2.4. İstatistiksel Analiz

Bu tez çalışmasında paydaşlarla birlikte belirlenen kavramların istatistiksel analizi için regresyon modeli geliştirilmiştir. Regresyon çözümlemesinin genel tanımı, bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkiyi matematiksel modellerle açıklayarak bağıntı(lar) bulmak şeklindedir. Bulunan bağıntı (regresyon denklemi) değişik amaçlarla kullanılabilir. Bu amaçlar içerisinde en önemlisi, kestirim yapmaktır [93].

Doğrusal regresyon çözümlemesi genel olarak iki ana başlıkta incelenmektedir. Bu çerçevede bir bağımlı-bir bağımsız değişkenin olduğu doğrusal regresyon çözümlemesine “basit doğrusal regresyon çözümlemesi”, bir bağımlı-birden çok bağımsız değişkenin olduğu doğrusal regresyon çözümlemesine “çoklu doğrusal regresyon çözümlemesi” denir [94]. Basit doğrusal regresyon denklemi Eşitlik 5.3'de verilmektedir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \epsilon \quad (5.3)$$

Eşitlik 5.3’de y bağımlı değişkeni ifade etmektedir. β_0 sabittir. β_1 bağımsız değişkenin regresyon katsayısını ifade ederken X_1 bağımsız değişkeni ifade etmektedir. ε ise denklemdaki hata terimidir. Çoklu doğrusal regresyon denkleminde ise sadece basit doğrusal regresyon denkleminden farklı olarak bağımsız değişken (ler)in sayısı artmaktadır. Çoklu doğrusal regresyon denklemi iki bağımsız değişken ile Eşitlik 5.4’de verilmektedir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \quad (5.4)$$

Bağımsız değişkenler ($x_1, x_2, \dots, x_n$) bağımlı değişkeni etkileyen, açıklayan bağımlı değişkene neden olan değişkenler olarak ifade edilmektedir. Bağımlı değişken ise (y) etkilenen, açıklanan ya da sonuç değişkeni olarak tanımlanmaktadır. Çoklu regresyon çözümlemesinde bağımlı değişken ile birden çok bağımsız değişken arasındaki ilişkiler aşağıda verilen amaçlar çerçevesinde incelenir.

1. Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiye ilişkin matematiksel modeller bulup, değişkenler arasındaki karmaşık yapıyı tanımlamak ve veriyi özetlemek
2. Bağımlı değişkeni etkilediği belirlenen bağımsız değişkenler yardımıyla bağımlı değişken değerini kestirmek
3. Bağımlı değişkeni etkilediği düşünülen bağımsız değişkenlerden hangisi ya da hangilerinin bağımlı değişkeni daha çok etkilediğini bulmak

Hazırlanan regresyon modelinin geçerliliğinin tespit edilmesinde birçok yöntem vardır. Bunlar önem sırasına göre şöyledir;

1. Açıklayıcılık katsayısının (R^2) incelenmesi

Açıklayıcılık katsayısı geliştirilen regresyon modelinde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarını açıkladığını verir. 0-1 arasında değer alan bu katsayı 1’e doğru yaklaştıkça modelin geçerliliği artar.

2. Artıkların (Residuals) incelenmesi

Uzak, etkili ve aykırı gözlemlerin yazım hatalarından kaynaklanıp kaynaklanmadığı veriye uygun olup olmadığı ve normal olmayan bir durumu temsil edip etmediği incelenmelidir.

3. Artıkların grafikleştirilmesi

Elde edilen artıklara ilişkin uygun grafikleri eğer varsa model varsayımlarındaki bozulmaların belirlenmesine yardımcı olur.

4. Değişen varyanslılık sorunu olup olmadığının incelenmesi

Bağımsız değişkenin alt kümelerinin varyanslarının homojenliği varsayımının sağlanıp sağlanmadığı belirlenmelidir.

5. Hatalar normal dağılım gösterip göstermediğinin incelenmesi

Hataların normal dağıldığı varsayımı sağlanmadığında bu varsayıma bağlı olan güven aralıkları ve diğer istatistiklerde sorun çıkabilir.

6. Bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı olup olmadığının tespit edilmesi

Çoklu regresyon denklemi yorumu bağımsız değişkenlerin kuvvetli bir şekilde ilişkili olmadığı varsayımına bağlıdır. Bu varsayımın bozulması çoklu bağlantı sorunu olarak adlandırılır [92].

Bu tez çalışmasında çoklu doğrusal regresyon modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen regresyon modelinde bal üretim (C18) kavramı bağımlı değişken olarak tanımlanmıştır.

Bağımsız değişkenlerin bazıları arasındaki yüksek korelasyondan dolayı çoklu bağlantı problemi ortaya çıkabilmektedir. Çoklu bağlantı sorunu birden fazla değişkenin aynı durumu ifade ettiği ve bu değişkenlerin tek bir değişken ile modele katılabileceğini ifade etmektedir. Çoklu bağlantı var diyebilmek için bağımsız değişkenler arasındaki herhangi bir korelasyon değerinin 0,8'e eşit ya da büyük olması gerekir [93,94].

Modelde nektar kaynakları (C1) ve polen kaynakları (C2) bağımsız değişkenleri birbirleri ile yüksek korelasyona (0,87) sahip oldukları görülmüş ve tek bir bağımsız değişkene indirgenmiştir. Bu şekilde aralarında yüksek korelasyon olan bağımsız değişkenler belirlenmiş ve model üzerinde yapılan denemeler ile tek bağımsız değişkene indirgenmiştir.

Ortama Sıcaklık (C3) bağımsız değişkeni ile Güneşli Gün Sayısı (C4) bağımsız değişkeni arasında yüksek korelasyon (0,82) olduğundan bu bağımsız değişkenler indirgenerek Sıcaklık bağımsız değişkeni elde edilmiştir.

Kraliçe Yaşı (C9) ve Kraliçe Yumurtlama Oranı (C10) bağımsız değişkenleri arasındaki korelasyon (0,8) yüksek olduğundan bu bağımsız değişkenler modele Kraliçe Arı Durumu bağımsız değişkeni olarak indirgenmiş şekilde eklenmiştir.

İşçi Arı Populasyon Büyüklüğü (C7) ve İşçi Arı Çalışma Miktarı (C17) bağımsız değişkenleri arasındaki korelasyon (0,91) yüksek olduğundan bu iki değişken tek bir İşçi Arı Durumu bağımsız değişkeni ile ifade edilmiştir.

Virütik hastalık oluşumu (C11) ve Mantarogen hastalık oluşumu (C12) değişkenleri arasındaki korelasyon (0,93) yüksek olduğundan bu bağımsız değişkenler, Kovanda Hastalık Oluşumu bağımsız değişkenine indirgenmişlerdir.

Bağımsız değişkenlerden aralarında korelasyon (0,85) olan son değişkenler Arı Irkı (C13) ve Arı Morfolojisi (C14)'dir. Bu bağımsız değişkenler de Arı Genotip ve Fenotipi bağımsız değişkenine indirgenmiştir. Bu şekilde regresyon modeli aralarında yüksek korelasyon ilişkisi olmayan sekiz bağımsız değişken ile geliştirilmiştir. Çizelge 5.3'te aralarında yüksek korelasyon barındıran ve tek bağımsız değişkene indirgenen bağımsız değişkenler verilmektedir.

Bağımsız değişkenlerden Arı Genotip- Fenotipi ve Kovan tipi değişkeni kategorik veri içermektedir. Regresyon işleminde sürekli-sayısal (yaş, uzunluk, yüzdelik değerler) ve sayısal olmayan-süreksiz (erkek-kadın, az-normal-çok vb.) veriler modele dâhil edilebilmektedir. Sayısal veriler olduğu gibi modele aktarılırken, sayısal olmayan veriler bazı işlemlerden geçerek sayısallaştırılmalıdır.

Çizelge 5.4'te Arı Genotip-Fenotipi ile Kovan tipi bağımsız değişkenlerinin sapma (deviation) kodlamaları verilmektedir. Sapma kodlama sisteminde referans kategoriye 0 yerine -1 değerleri atanır. Sapma kodlama yönteminde elde edilen regresyon katsayıları ilgili kategori ile bağımlı değişkenin genel ortalaması arasındaki farkı verir.

Çizelge 5.3. Yüksek korelasyon nedeniyle tek bağımsız değişkene indirgenen değişkenler.

Birleştirilecek Bağımsız Değişken	Birleştirilmiş Bağımsız Değişken	Birleştirilecek Bağımsız Değişken	Birleştirilmiş Bağımsız Değişken	Birleştirilecek Bağımsız Değişken	Birleştirilmiş Bağımsız Değişken
Nektar Kaynakları (C1)	Dış Ortam Besin Durumu	Ortalama Sıcaklık (C3)	Sıcaklık	Yağışlı Gün Adedi (C5)	Yağış
Polen Kaynakları (C2)		Güneşli Gün Sayısı (C4)		Yağış Ortalaması (C6)	
Birleştirilecek Bağımsız Değişken	Birleştirilmiş Bağımsız Değişken	Birleştirilecek Bağımsız Değişken	Birleştirilmiş Bağımsız Değişken	Birleştirilecek Bağımsız Değişken	Birleştirilmiş Bağımsız Değişken
İşçi Arı Populasyonu Büyüklüğü (C7)	Arıların Durumu	Kraliçe Arı Yaşı (C9)	Kraliçe Arı Durumu	Virütik Hastalık Oluşumu (C11)	Kovanda Hastalık Oluşumu
İşçi Arı Çalışma Miktarı (C16)		Kraliçe Arı Yumurtlama Kapasitesi (C10)		Mantarojen Hastalık Oluşumu (C12)	
Yavru Arı Populasyon Büyüklüğü (C8)					
Birleştirilecek Bağımsız Değişken	Birleştirilmiş Bağımsız Değişken				
Arı Irkı (C13)	Arı Genotip ve Fenotipi				
Arı Morfolojisi (C14)					

Sapma kodlama yönteminin seçilmesinin nedeni değişkenin kategorileri arasında referans bir kategori seçilmesinin uygun olmamasıdır. Bu şekilde kategorik değişkenlerin sapma kodlama ile ifade edilmesine kukla (Dummy) değişkenlere dönüştürme işlemi denilmektedir [93,94].

Çoklu doğrusal regresyon modeli için bağımlı ve bağımsız değişkenler hazırlandıktan sonra, model geliştirilebilir. SPSS v24 programında 175 adet veri ile regresyon modeli hazırlanmıştır. Çoklu regresyon modelinin katsayıları Çizelge 5.5'te verilmektedir.

Çizelge 5.5'e göre pozitif yönde eşit oranda sayılabilecek etkisi olan kavramlar (bağımsız değişkenler) sırasıyla sıcaklık ve dış ortamdaki besindir.

Çizelge 5.4. Kategorik değişkenlerin kukla değişkenlerle verilmesi.

ARI GENOTİP VE FENOTİPİ					KOVAN TİPİ		
KATEGORİ	y1	y2	y3	y4	Kategori	x1	x2
KARNİYOL ARISI	-1	-1	-1	-1	Thermo Kovan	-1	-1
KAFKAS ARISI	1	0	0	0	Modern Kovan	1	0
İTALYAN ARISI	0	1	0	0	İlkel Kovan	0	1
SURİYE ARISI	0	0	1	0			
ANADOLU ARISI	0	0	0	1			

Kovan içindeki arılar ile ilgili ise kraliçe arının durumu en yüksek etkiye sahip kavram (bağımsız değişken) olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.5. Regresyon katsayıları.

Model		Standardize Edilmiş Katsayılar	
		B	Standart Hata
1	(Sabit)	12,411	6,431
	Dış Ortam Besin Durumu	,324	,058
	Sıcaklık	,210	,209
	Yağış	-,189	,159
	Arıların Durumu	,370	,492
	Kraliçe Arı Durumu	,302	,243
	Kovanda Hastalık Oluşumu	-,416	,114
	y1 (İtalyan Arısı)	,055	5,689
	y2 (Kafkas Arısı)	,0877	2,619
	y3 (Suriye Arısı)	,0719	6,493
	y4 (Anadolu Arısı)	,0456	6,113
	Arıcı Deneyimi	,368	,373
	x1 (Modern Kovan)	,1250	2,853
	x2 (İlkel Kovan)	-,3719	2,624

Aynı zamanda arıların ve kovanın bakımından sorumlu olan arıcının deneyimi pozitif yönde yüksek çıkmıştır. Bu, arıcının deneyimi arttıkça daha iyi bakım yapacağını göstermektedir.

Bal üretim bağımlı değişkenine olumsuz etkisi olan kavramlar (bağımsız değişkenler) ise yağış ve kovan içindeki hastalıklar olduğu belirlenmiştir. Hastalıkların olumsuz yönde daha yüksek etkiye sahip olduğu görülmektedir. Paydaşların görüşleri de bu regresyon sonuçlarını doğrulamaktadır. Regresyon katsayıları ile model yazılırsa Eşitlik 5.5 elde edilmektedir.

Eşitlik 5.5’de y_1 , y_2 , y_3 , y_4 bağımsız değişkenleri arı ırkı değişkenidir. Burada kullanıcı beş farklı türden birini seçmektedir. Hangi seçim yapılmış ise o bağımsız değişken değeri regresyon denkleminde hesaba katılmaktadır.

$$\begin{aligned} \text{Bal Üretimi} = & 12,411 + 0,324 \text{ Besin Durumu} + 0,210 \text{ Sıcaklık} - 0,189 \text{ Yağış} \\ & + 0,370 \text{ Arıların Durumu} + 0,302 \text{ Kraliçe Arı Durumu} \\ & - 0,416 \text{ Hastalık Durumu} + 0,055 y_1 + 0,0877 y_2 + 0,0719 y_3 + 0,0456 y_4 \\ & + 0,368 \text{ Arıcı Deneyimi} + 0,1250 x_1 - 0,3719 x_2 \end{aligned} \quad (5.5)$$

Yine aynı şekilde kovan tipi bağımsız değişkenini ifade eden x_1 ve x_2 değişkenleri kullanıcı seçimine bağlı olarak denklemde hesaba katılmaktadır.

Eşitlik 5.5’deki regresyon modeli bulanık bilişsel harita ile oluşturulan kavramsal modeli doğrulamaktadır.

Çizelge 5.6’da regresyon modelinin özeti verilmektedir. Burada R^2 sütunundaki değerlerden bağımsız değişken durumundaki “Dış Ortam Besin Durumu”, “Sıcaklık”, “Yağış”, “Arıların Durumu”, “Kraliçe Arı Durumu”, “Kovanda Hastalık Oluşumu”, “Arıların Genotipi ve Fenotipi”, “Arıcı Deneyimi” ve “Kovan tipi” bağımlı değişken durumundaki “Bal Üretim” değişkenine ait varyansı %82,3 oranında açıkladığı görülmektedir. Bal üretiminin %82,3 oranında bu faktörlere bağlı olarak şekillendiği anlaşılmaktadır.

Geriye kalan %17,7’lik varyans modele dahil edilen değişkenlerin dışındaki değişkenler tarafından açıklanmaktadır [93,94]. Burada ilk akla gelen zirai ilaçlama bilgisinin sisteme dâhil edilmemiş olmasıdır.

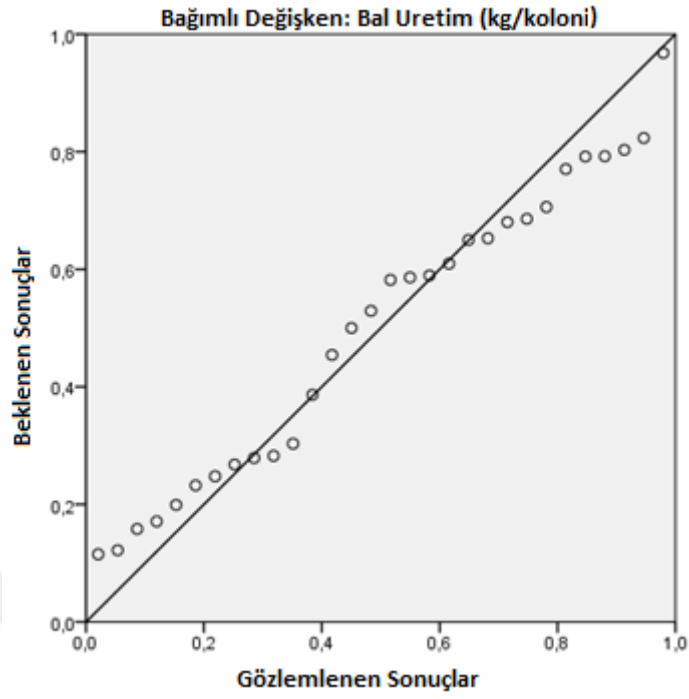
Çizelge 5.6. Regresyon model özeti.

Regresyon Model Özeti ^b						
Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Standart Tamim Hatası	R Kare Değişimi	F Değişimi
1	,881 ^a	,823	,824	5,175	,823	6,864
a. Bağımsız Değişkenler: a2,y2, Deneyim, Sıcaklık, y4, Dış Ortam Besin, Hastalık Kraliçe Yaş, y1, İşçi Arı Durumu, Yağış, a1,y3						
b. Bağımlı Değişken: Bal Üretimi						

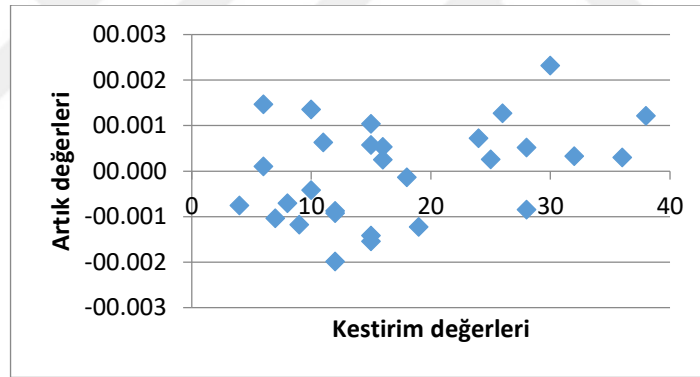
Regresyon modelinin geçerliliğinin test edilmesinde artıkların önemi oldukça fazladır. Artıklar, hataların gerçekleşen ya da gözlenen değerleri olarak düşünülebilir. Artıkların bağımlı değişkene göre çizimi yapıldığında uzak, etkili ve aykırı gözlemlerin olmaması gerekir.

Şekil 5.6'da regresyon eğrisi ve artıkların grafiği verilmektedir. Şekil 5.6 (a)'ya göre regresyon eğrisinde gözlenen değerler, regresyon eğrisi ile doğrusal bir saçılım göstermektedir.

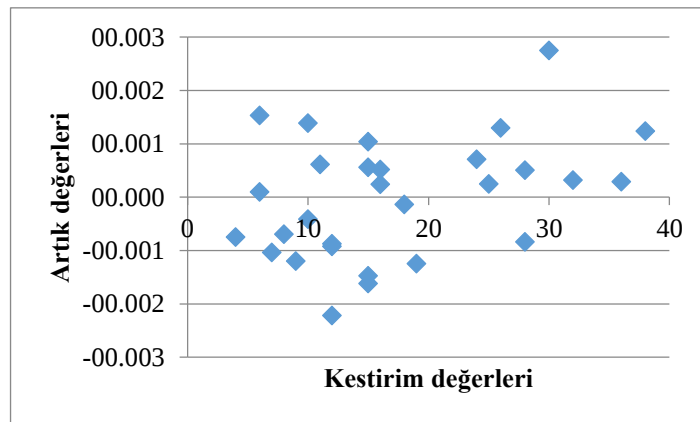
Şekil 5.6 (b)'ye göre ise uzak, etkili ya da aykırı gözlem görülmemektedir. Şekil 5.6 (c)'ye bakıldığında değişen varyanslılık sorunu da görülmemektedir. Ölçümler genelde birliktedir, çok aykırı uzak bir ölçüm yoktur. Regresyon modelinde kullanılan bağımsız değişkenler arasında yüksek ilişki gözlemlenmemiştir.



(a) Regresyon doğrusu.



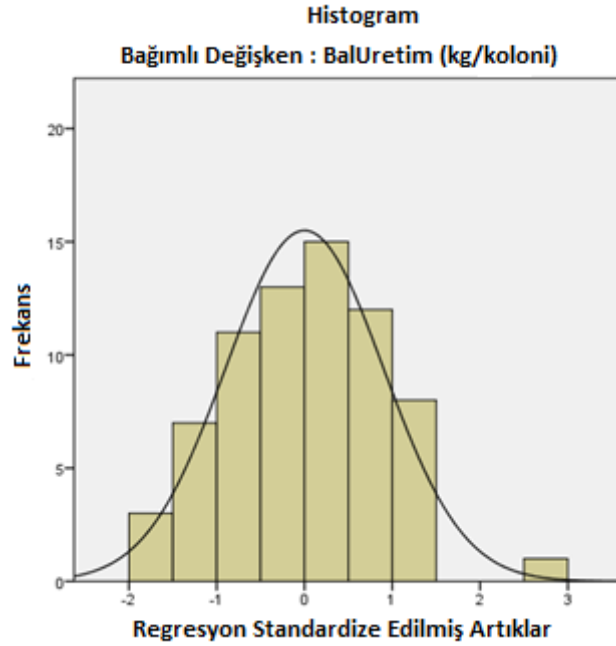
(b) Uzak, etkili ve aykırı gözlemler.



(c) Değişen varyanslılık.

Şekil 5.6. Regresyon doğrusu ve artıklar.

Regresyon geçerliliği için bir sonraki kontrol ise hataların dağılımının kontrol edilmesidir. Hatalar normal dağılıma yakın bir dağılım göstermelidir. Şekil 5.7’de artıklardan oluşan hataların histogram grafiği verilmektedir. Bu grafik normal dağılıma yakındır.



Şekil 5.7. Histogram grafiği.

Bağımsız değişkenlerin birbirleri arasındaki ilişkiyi tutan korelasyon matrisine bakıldığında en yüksek değer 0,417 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre regresyon modelinin geçerliliği sağlanmıştır. Model sonucunda elde edilen denklem de bulanık bilişsel haritayı doğrulamaktadır. Çizelge Ek A 1’de çoklu doğrusal regresyonda kullanılan verilerden bir kısmı verilmektedir.

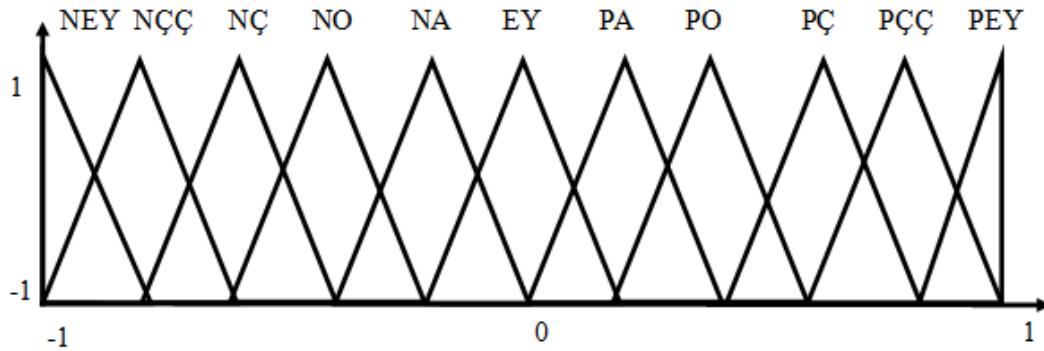
5.2.5. Hesapsal Modelleme

BBH’ın hesaplama modelinde istatistiksel olarak doğrulanmış modelin hangi denklemlerle işletileceği açıklanmaktadır. Bulanık bilişsel haritada bağlantılar *if then* kuralları ile uzman görüşüne bakılarak temsil edilir. Burada *if then* kurallarına örnek şöyle verilebilir:

IF C_i kavramının değerinde (az, orta, yüksek) değişim olursa, THEN C_j kavramının değerinde (az, orta, yüksek) değişikliğe neden olur.

Böylelikle C_i kavramı diğer bir C_j kavramını etkiler, denir. Kavramlar arasındaki nedensellik bağlantısı tutan ağırlık matrisi uzmanlar ile yapılan anket çalışmaları sonucunda belirlenmiştir. Burada anket kapsamında uzmanlara 72 adet soru yöneltilmiştir. Bu sorular Ek Açıklamalar B’de verilmektedir.

Her soru 11 adet üyelik fonksiyonuna sahip cevaplar ile cevaplandırılmıştır. Burada cevaplar $[-1,1]$ aralığında değerler üretmiştir. Burada NA (Negatif Az), NO (Negatif Orta), NÇ (Negatif Çok), NÇÇ (Negatif Çok Çok), NEY (Negatif En Yüksek), EY (Etkisi Yok), PA (Pozitif Az), PO (Pozitif Orta), PÇ (Pozitif Çok), PÇÇ (Pozitif Çok Çok), PEY (Pozitif En Yüksek) şeklinde isimlendirilmiş üçgen üyelik fonksiyonları anketlerdeki cevap seçeneklerini vermektedir. Uzmanlardan birinin ankete verdiği cevaplar Çizelge Ek A 2’de verilmektedir. Şekil 5.8’de anket sonuçlarını değerlendiren etki fonksiyonu verilmektedir. Eşitlik 5.6’ya göre uzmanlardan alınan cevaplar tek bir değere indirgenerek ağırlık matrisindeki yerini almaktadır.



Şekil 5.8. Uzmanların cevaplarını değerlendiren etki fonksiyonu.

Çalışmanın paydaşlarının her birinden beşer adet olmak üzere toplam 15 adet uzman ile kavramların birbirleri ile ilişkisini tutan ağırlık matrisi elde edilmiştir. Çizelge Ek A 3’de ağırlık matrisi tablo halinde verilmektedir. Her bir ilişki değeri için alınan 15 değer ağırlıklı ortalama metodu ile durulaştırılarak tek bir değere indirgenmiş ve matristeki yerini almıştır. Durulaştırma da kullanılan ağırlıklı ortalama metodu Eşitlik 5.6’da verilmektedir.

$$W_{ji} = \frac{\int y^y \mu(y)^{dy}}{\int y^{\mu(y)} dy} \quad (5.6)$$

Eşitlik 5.6’da W_{ij} [-1,1] aralığında değer alan ağırlık matrisini, y üyelik fonksiyonu değerini ve $\mu(y)$ ise üyelik fonksiyonunu vermektedir. Böylece $W_{ij} = 18 \times 18$ ’lik matris geliştirilmiştir.

BBH çalışırken durum vektörü, kavramlar arasındaki bağlantı değeri ile güncellenir. Güncelleme işlemi durum vektörü A_i ile ilişkili olduğu ağırlık matrisindeki W_{ij} değerlerinin standart çarpımı sonucu oluşur. Ayrıca durum vektörünün eski hali ile toplama işlemi yapılmaktadır. Bu ifade Eşitlik 5.7’de verilmektedir.

$$A^{(k)} = f(A^{(k-1)} + \sum A^{(k-1)} \cdot W) \quad (5.7)$$

Eşitlik 5.7’de $A^{(k-1)}$ durum vektörünün eski halini, W ise ağırlık matrisini ifade etmektedir. Elde edilen değerler yeni durum vektörüne $A^{(k)}$ aktarılırken eşik fonksiyonundan geçirilmelidir. Eşitlik 5.8 $f(x)$ eşik fonksiyonunu vermektedir. Durum vektörü pozitif değerler [0,1] içerdiğinden bu çalışmada sigmoid eşik fonksiyonu tercih edilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp^{-x}} \quad (5.8)$$

Eşik fonksiyonu durum vektöründeki değerlerin [0,1] aralığında olmasını garanti eder. Bu çalışmada probleme özel tasarlanan bulanık bilişsel harita Şekil Ek A 2’de verilmektedir.

Belirsizliği yüksek olan modellemelerde iyileştirilmiş BBH algoritması kullanılabilir [96]. İyileştirilmiş BBH algoritması Eşitlik 5.9’da verilmektedir. Bu çalışmada durum vektörünü güncellemek için Eşitlik 5.9 kullanılmıştır.

$$A_i(k + 1) = f((2A_i(k) - 1) + \sum_{j=1}^N (2A_j(k) - 1) \cdot W_{ji}) \quad (5.9)$$

Eşitlik 5.9'da N kavram sayısını verir. k iterasyon adımını göstermektedir. İteratif bir şekilde durum vektörü hesaplanır. İterasyonların durması, durum vektörünün kararlı yapıya ulaşması ile mümkündür. Simülasyonu durdurmak için $A_k = A_{k-1}$ ya da $A_k - A_{k-1} \leq e$ şartının sağlanması gerekmektedir. Burada e kabul edilebilir hata oranını temsil etmektedir. Bu çalışmada kabul edilebilir hata oranı $e=0.001$ olarak tercih edilmiştir. Bulanık bilişsel haritanın sahip olduğu kavramlar arası ilişkileri tutan ağırlık matrisinin eğitilmesi gerekmektedir. Aksi halde sabit ağırlık matrisi ile çalışacaktır ve hassas çözümler bulması zordur. Kabul edilebilir hata oranına ulaşıldığında eğitim sonlandırılır.

Bu çalışmada ağırlık matrisinin eğitimi için danışmansız öğrenme yaklaşımlarından olan lineer olmayan Hebbian öğrenme algoritması kullanılmıştır. Durum vektörünün güncellenmesinin hemen ardından ağırlık matrisi lineer olmayan Hebbian öğrenme algoritması ile güncellenir. Bu algorithmada öğrenme kuralı, öğrenme parametresi n_k ve ağırlık bozma parametresi y kullanılmaktadır. Lineer olmayan hebbian öğrenme algoritması ağırlık matrisinde değer içeren-ilişki bulunan tüm değerler için hesaplanır. Değeri olmayan-ilişki içermeyen ağırlık matrisi değerleri başlangıç konumundaki gibi 0 olarak kalır. Eşitlik 5.10'da lineer olmayan Hebbian öğrenme algoritması verilmektedir.

$$W_{ji}^{(k)} = y \cdot W_{ji}^{(k-1)} + n_k A_i^{(k-1)} \left(A_j^{(k-1)} - \left(W_{ji}^{(k-1)} \right) W_{ji}^{(k-1)} A_i^{(k-1)} \right) \quad (5.10)$$

Zeki karar destek sisteminin öğrenmesi ağırlık matrisinin eğitilmesi ile gerçekleşmektedir. Eğitim süreci şu adımları içermektedir.

Adım 1: A0 durum vektörünü ve ağırlık matrisini Wij oku.

Adım 2: Her bir iterasyon için tekrar et.

Adım 2.1: Durum vektörünü Eşitlik 5.9'a göre hesapla.

Adım 2.2: Ağırlık matrisini Eşitlik 5.10'a göre güncelle.

Adım 2.3: Durdurma kriterini hesapla.

Adım 3: Durdurma kriteri karşılanana kadar Adım 2'yi tekrar et.

Adım 4: Durum vektörünü ve ağırlık matrisini kaydet.

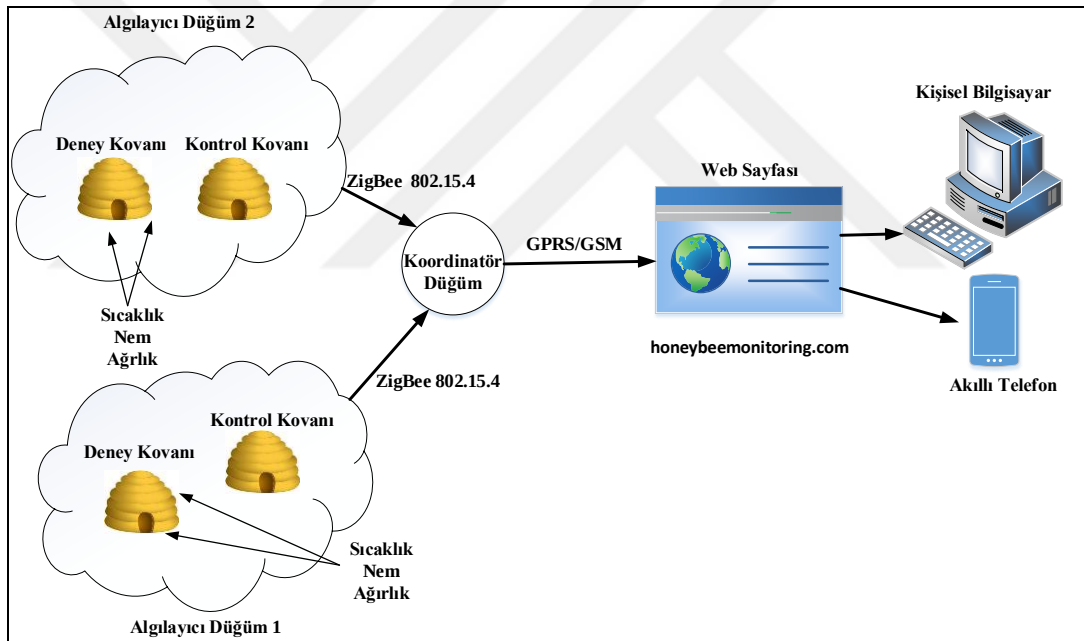
Adım 5: Kullanıcıya anlamlı sonuçlar göster.

şeklinde beş adımda karar destek sistemi öğrenmekte ve zeki hale gelmektedir.

5.3. DENEYSEL SONUÇLAR

5.3.1. Nektar Akışı Ölçüm Deneyi

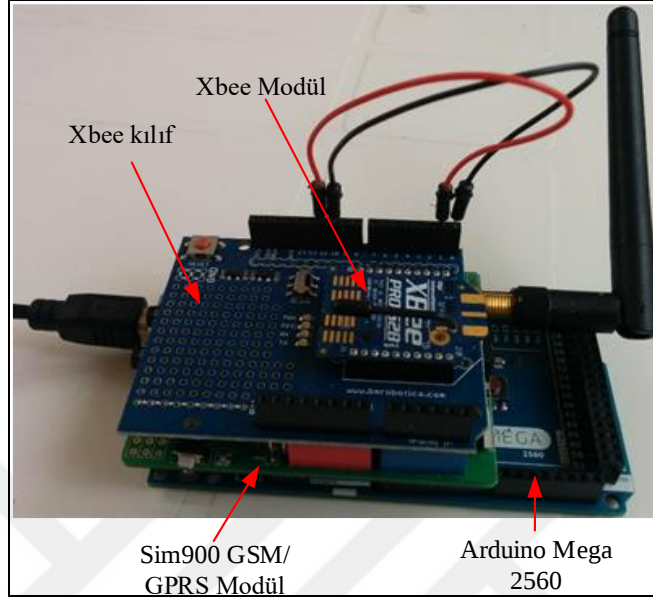
Bu bölümde, KAA ile yapılan nektar akış deneyi sonuçları ve ZKDS ile yapılan simülasyon sonuçları açıklanmaktadır. Nektar akışını ölçmek için iki adet ölçüm noktası (arı kovani) kullanılmıştır. Şekil 5.9’da algılayıcı düğümlerdeki elemanlar blok şema olarak verilmektedir. Algılayıcı düğümler (kovan) koordinatör ile 802.15.4 ZigBee protokü üzerinden haberleşirken, koordinatör düğüm aldığı verileri web alanına GPRS/GSM üzerinden yollamaktadır.



Şekil 5.9. Algılayıcı düğüm.

Algılayıcı düğümlerde DC gerilim kullanıldığı için arılara herhangi bir zarar verilmemektedir. İki adet algılayıcı ile oluşturulan algılayıcı düğümler ile kurulan kablosuz algılayıcı ağda koordinatör düğüm Şekil 5.10’da verilmektedir. Koordinatör düğüm Arduino Mega 2560, SIM900 GSM/GPRS modül ve XBee Pro iletişim modülünden oluşmaktadır. Her bir kovanda, kovan kapağını altına yerleştirilen sistem, kovan içi sıcaklık, nem ve kovan ağırlığını ölçmektedir. Bu ölçüm sistemi ile nektar akışı tespit edilmektedir. Nektar akışı arıların kovana getirdikleri nektar ve

polen miktarı ile doğru orantıya sahiptir. Ne kadar nektar-polen taşınırsa, kovan ağırlığı o kadar artmakta ve bal üretimi gerçekleşmektedir.



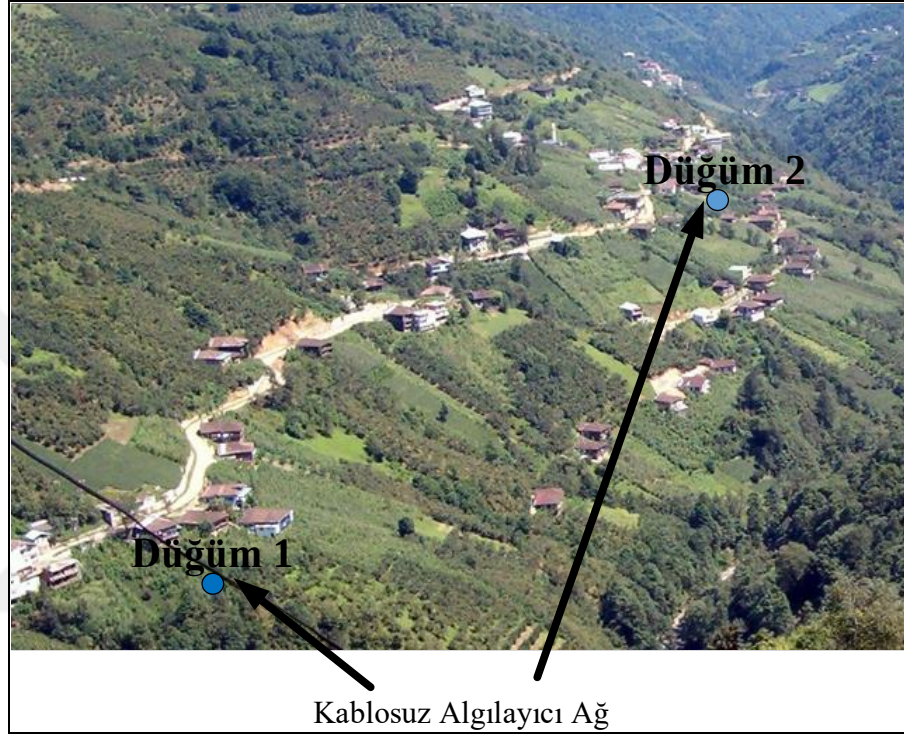
Şekil 5.10. Koordinatör düğümü.

Algılayıcı düğümler arazide konuşlandırılırken, koordinatör düğüm evin balkonuna yerleştirilmiştir. Şekil 5.11’de koordinatör düğüm verilmektedir.



Şekil 5.11. Koordinatör düğüm arı kovanı.

Nektar akışının izlenmesi için bölgede deney kovanlarının yerleştirileceği yerler Şekil 5.12’de verilmektedir. Deney bölgesi yaklaşık 30 km²’lik bir alanı kapsamaktadır. Bölgenin kuş uçuşu mesafesi 5 km’ye yakındır. Yükselti olarak yaklaşık 700-800 m yükseltide algılayıcı düğümler konumlandırılmıştır. Algılayıcı düğümler koordinat olarak ise yaklaşık 40. enlem ve 40. boylam üzerindedirler.

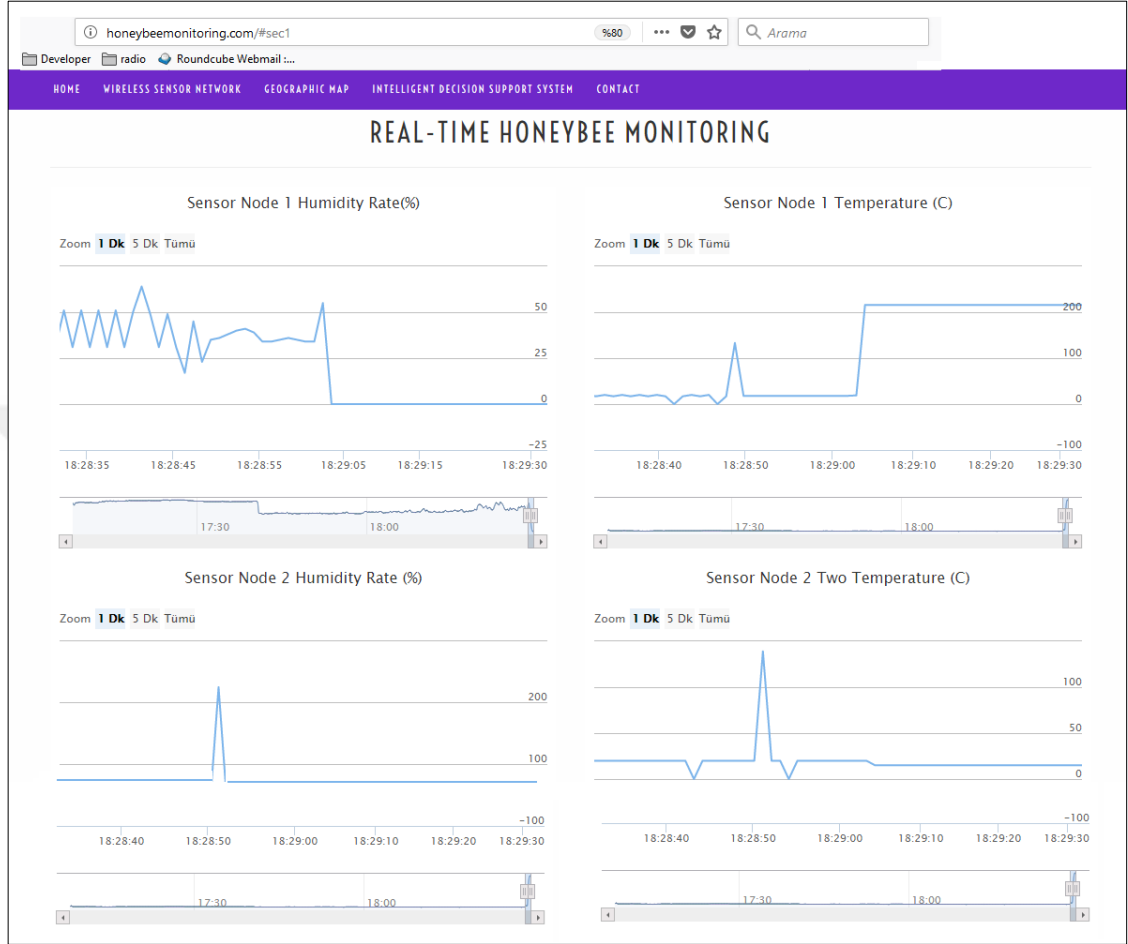


Şekil 5. 12. Algılayıcı düğümlerin yerleşimi.

Yapılan testlerde 10 sn aralıklarla ölçüm yapabilme yeteneğine çıkılmıştır. İnternet ortamına veri aktarıldıktan sonra honeybeemonitoring.com adında alan adı alınmış ve web site tasarımına gidilmiştir. Web adresine gelen veriler ara bir PHP sayfasıyla okunmakta ve veri tabanına kaydedilmektedir. Veri tabanı olarak MySQL veri tabanı kullanılmıştır. Web sayfasında javascript tabanlı grafik tasarımı yapılmıştır. Bu grafik, gerçek zamanlı olarak 10 sn hassasiyette verileri gösterebilmektedir. Şekil 5.13’de ilgili web sayfası verilmektedir.

Çalışma Kafkas ırkı arı melezi kolonilerinden 2 deney kovanı ve 2 kontrol kovanı olarak başlatılmıştır. Kafkas ırkı arıların seçilme sebebi bölgedeki ekolojik şartlara en iyi uyum sağlayan ırk olmasıdır. Kovanlar rastgele seçilerek kontrol ve deney

kovanları olarak ayrılmışlardır. Deneyin doğru sonuçlar vermesi açısından koloniler eşitlenmiştir. İki kovandan bölünen bu koloniler genç kraliçe arılara sahiptirler.

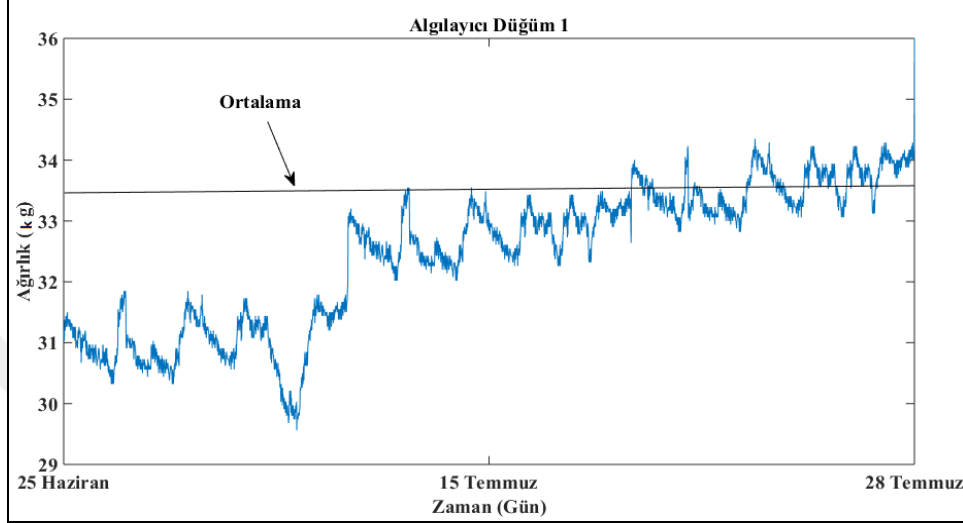


Şekil 5.13. Gerçek zamanlı izleme için geliştirilen web sitesi.

Kablosuz algılayıcı ağdaki düğümler yaklaşık 5 km’lik mesafede 1 deney kovanı ve bir kontrol kovanı olarak yerleştirilmiştir. Ölçümler, Temmuz ayı süresince bir aylık dönemde yapılmıştır. Bölgenin nektar-polen bakımından baskın bitkisi Kestane bitkisi bu zaman dilimlerinde çiçeklenmektedir.

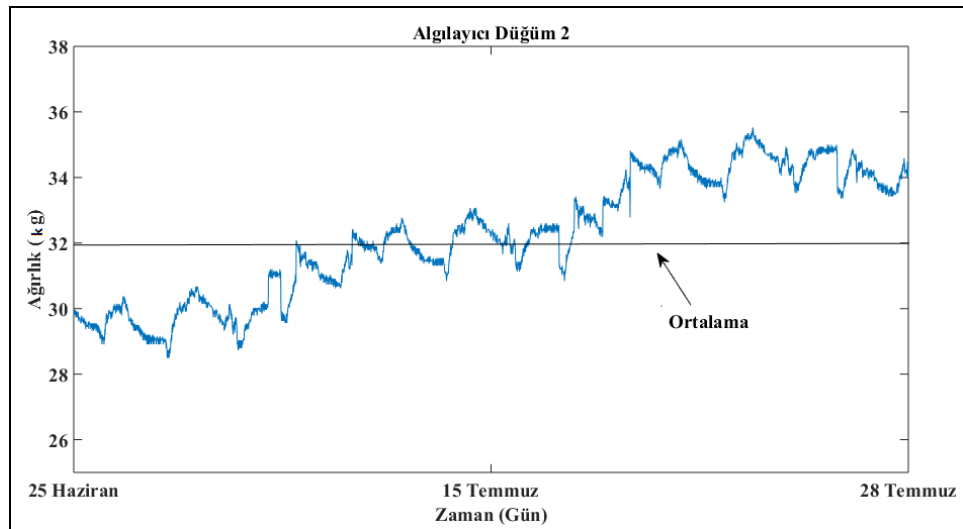
Algılayıcı düğümlerden 2. düğümün bulunduğu bölgede mevsimsel geçişlerin yoğun olarak yaşanması ve iklim şartları daha yağmurlu, sisli ve soğuk olduğundan dolayı ağırlık artışı daha az gözlenmiştir.

Genel olarak her iki ölçüm noktasında da kovanlarda beklenen ağırlık artışı az olmuştur. Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’de algılayıcı düğümlerden ölçülen ağırlık değerleri verilmektedir. Deney sonuçları honeybeemonitoring.com/#sec2 web adresinde yer almaktadır.



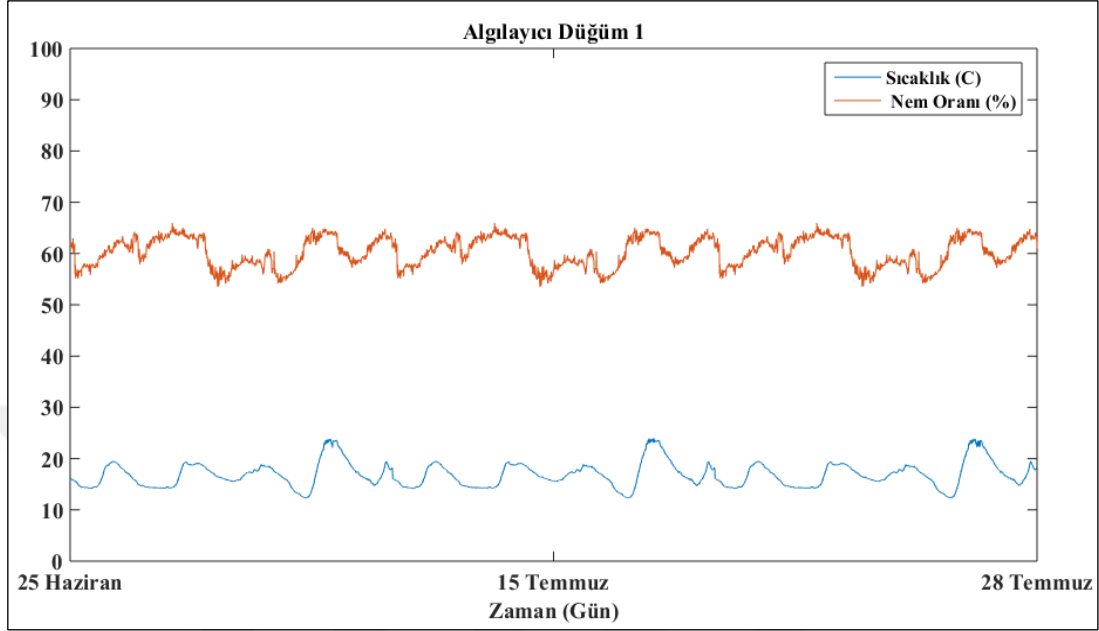
Şekil 5.14. Birinci algılayıcı düğümdeki ağırlık değişimi.

Algılayıcı düğümlerden 1. düğümdeki (Şekil 5.14) arı kovanında ağırlık artışı toplam 6,53 kg olarak ölçülmüştür. Günlük ortalama artış ise 0,217 kg’dır. En yüksek günlük artış 1,4 kg iken en düşük artış ise 0,11 kg olarak tespit edilmiştir.



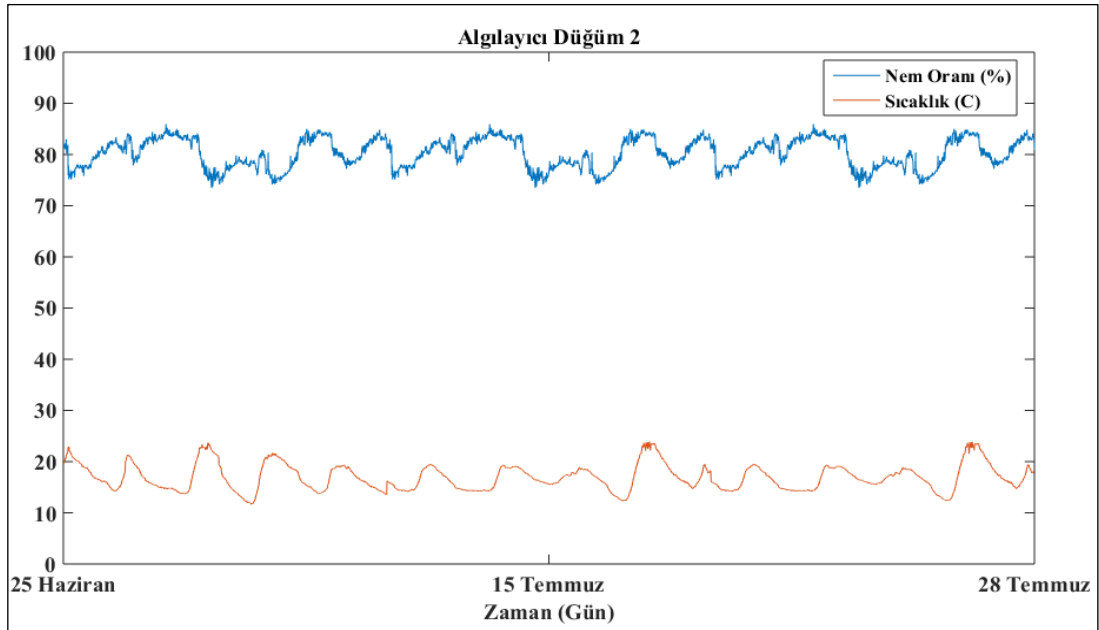
Şekil 5.15. İkinci algılayıcı düğümdeki ağırlık değişimi.

Algılayıcı düğümlerden 2. düğümdeki (Şekil 5.15) arı kovanında ağırlık artışı toplam da 7,26 kg olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.16. Birinci algılayıcı düğümün sıcaklık ve nem değerleri.

Günlük ortalama artış 0,267 kg'dır. En yüksek günlük artış 1,59 kg ile gerçekleşirken, en düşük artış da 0,17 kg olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5.17. İkinci algılayıcı düğümün sıcaklık ve nem değerleri.

Ölçüm yapılan bölgelerdeki ortamın sıcaklık ve nem değerleri Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’de verilmektedir. Ağırlık artışı gün ışımaya başladıktan sonra başlamakta ve akşama kadar sürmektedir. Gün içindeki en yüksek artış 25 Temmuz tarihinde 11-12 saatleri arasında yaşanmıştır. Ölçülen değer 0,24 kg olarak belirlenmiştir.

2. algılayıcı düğümün bulunduğu (Şekil 5.17) bölgede iklim şartları daha kötü olmasına rağmen daha fazla bal üretilmesi, 2. düğümün bulunduğu bölgede ortamın nektar-polen açısından baskın bitkisi olan kestane ağacı varlığının daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

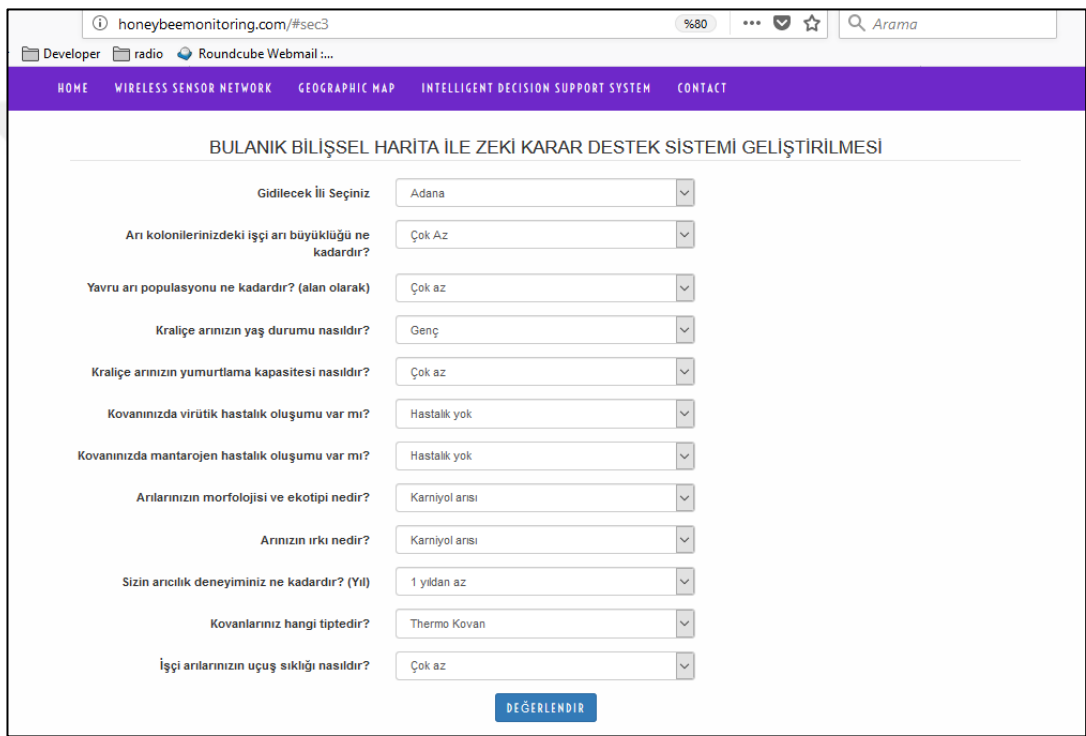
Aynı dönem içerisinde kontrol kovanlarının ağırlıklarındaki değişim ise şöyledir. Birinci algılayıcı düğümdeki kontrol kovanı başlangıçta 27 kg iken deney sonucunda ise 6,53 kg’lık artış ile 33,53 kg olmuştur. İkinci düğümdeki kontrol kovanı başlangıçta 27,7 kg ağırlıkta iken, 7,03 kg’lık artışla 34,73 kg olarak ölçülmüştür. Deney sonucunda deney kovanlarında arılı çerçeveler algılayıcı düğüm 1 = 8 ± 0.5 ve algılayıcı düğüm 2 = 7 ± 0.5 olarak ölçülmüştür. Aynı düğümlerde kontrol kovanlarındaki değişim ise birinci düğüm için 7,5, ikinci düğüm için ise $6,5 \pm 0.5$ olarak ölçülmüştür. Birinci düğümdeki kontrol ve deney kovanları %83 oranında benzer sonuçlar vermiştir. İkinci düğümdeki deney ve kontrol kovanları ise %99 oranında benzer çıkmıştır.

Trabzon Arıcılar Birliği’nden alınan bilgiye göre günümüze kadar bölgede ölçülen en yüksek kovan başına bal verimi 17,4 kg’dır. Şekil 5.3’deki yoğunluk grafiğinde ölçüm yapılan döneme ait katsayı 30 olarak bulunmuştur. Bu katsayının birimi yoktur ve yoğunluğun derecesini göstermektedir. Bu değer grafikteki en maksimum değeri ifade etmektedir. Nektar akış deney sonuçlarının paylaşıldığı bu bölümde deney kovanlarında elde edilen ağırlık artışları 7,26 kg ve 6,53 kg olmuştur. Ölçülen ağırlık artışlarının maksimum 17,4 kg olması beklenmektedir. Ancak istenen artışın olmamasının nedenleri arasında meteorolojik koşulların uygun olmayışı ve kolonilerdeki arıların sayısal olarak yeterli seviyede olmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu deney sonuçları bir bölgede sadece nektar-polen barındıran bitkiler dikkate alınarak bal veriminin (arıcılık potansiyeli) tahmin

edilemeyeceğini de göstermiştir. Bal verimini (arıcılık potansiyeli) tahmin etmek için zeki karar destek sisteminde verime etki eden diğer parametreler de dikkate alınmıştır.

5.3.2. Zeki Karar Destek Sistemi Test Sonuçları

Karar destek sistemi herkesin erişebileceği Php tabanlı bir web sayfası olarak tasarlanmıştır. Şekil 5.18’de zeki karar destek sisteminin web sayfasından alınmış ekran görüntüsü verilmektedir.



Şekil 5.18. Zeki karar destek sistemi web sayfası.

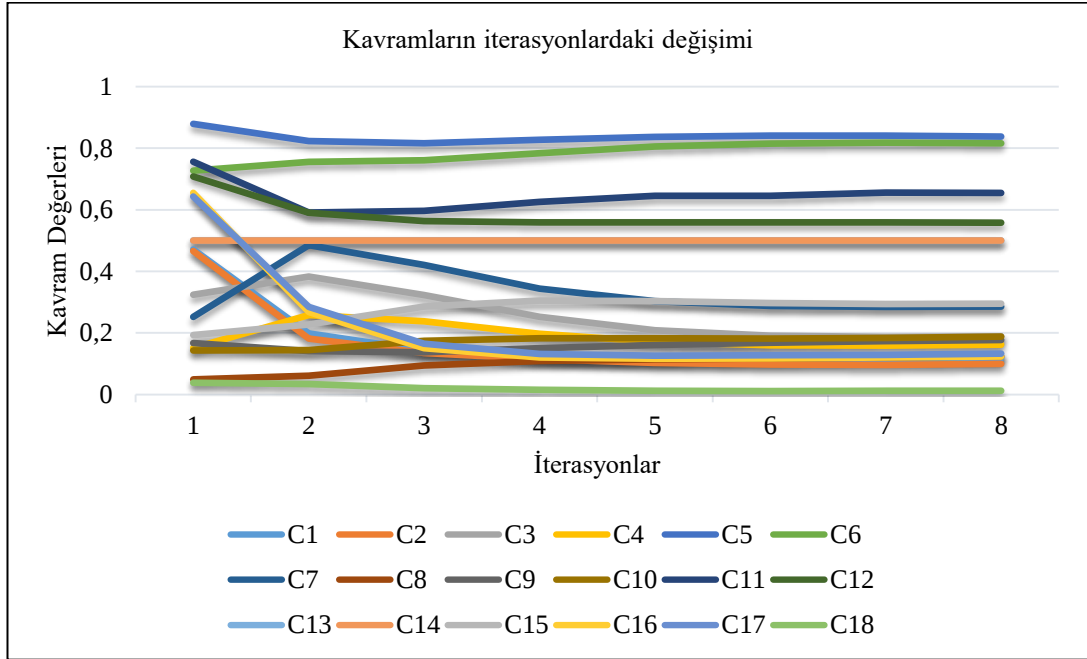
Web sayfasında kullanıcılardan sahip olduğu arı kolonileri ile ilgili bilgiler ve kolonilerini götürmek istedikleri il seçimi yapmaları istenmektedir (honeybeemonitoring.com/#sec3). Seçim sonrasında başlangıç durum vektörü oluşmaktadır. İlk olarak Eşitlik 8.8 ile durum vektörü güncellenmektedir. Ardından ağırlık matrisi lineer olmayan Hebbian öğrenme algoritması Eşitlik 8.9 ile güncellenmektedir. Durdurma kriterine ulaşamadığı sürece bu döngü sürekli tekrar etmektedir. ZKDS seçilen bölgenin arıcılık potansiyelini vermektedir. Arı yetiştiricisi,

yıllık arıcılık faaliyetleri için sisteme gidip planlama yapabilmektedir. ZKDS’ni test etmek için deneyler yapılmıştır.

5.3.2.1. Birinci Senaryo (Kötü Durum)

Karar destek sistemini test etmek için bir bölgeye ait üç farklı senaryo denenmiştir. İlk senaryo için durum vektörü $A^0 = [0.179 \ 0.164 \ 0.557 \ 0.13 \ 0.732 \ 0.254 \ 0.125 \ 0.125 \ 0.25 \ 0.125 \ 0.875 \ 0.875 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.125 \ 0.15 \ 0.125]$ seçilmiştir. Bu senaryoda kovanlarda hastalık oluşumu var, işçi arı sayısı ve aktivitesi az, yavru arı sayısı az, kraliçe yaşlı ve az yumurtluyor, arıcı deneyimi çok az, kovan tipi ilkel kovan ve bölgeye uygun arı seçilmemiştir. Bu seçim Trabzon ili içindir.

Trabzon ili sıcaklık ortalaması düşük (C3:0.557), güneşli gün sayısı az (C4:0.13), yağışlı gün sayısı yüksek (C5:0.732) bir ildir. Karar destek sisteminde kullanılan meteorolojik veriler 7 aylık dönemi kapsamaktadır. Sistemin daha doğru sonuçlar üretebilmesi için ve yılın tüm aylarında gezgin arıcılık yapılamayacağı düşünülerek bu şekilde sınırlama tercih edilmiştir. Şekil 5.19’da iterasyonlar sırasında kavramların aldıkları değerleri gösteren grafik verilmektedir.

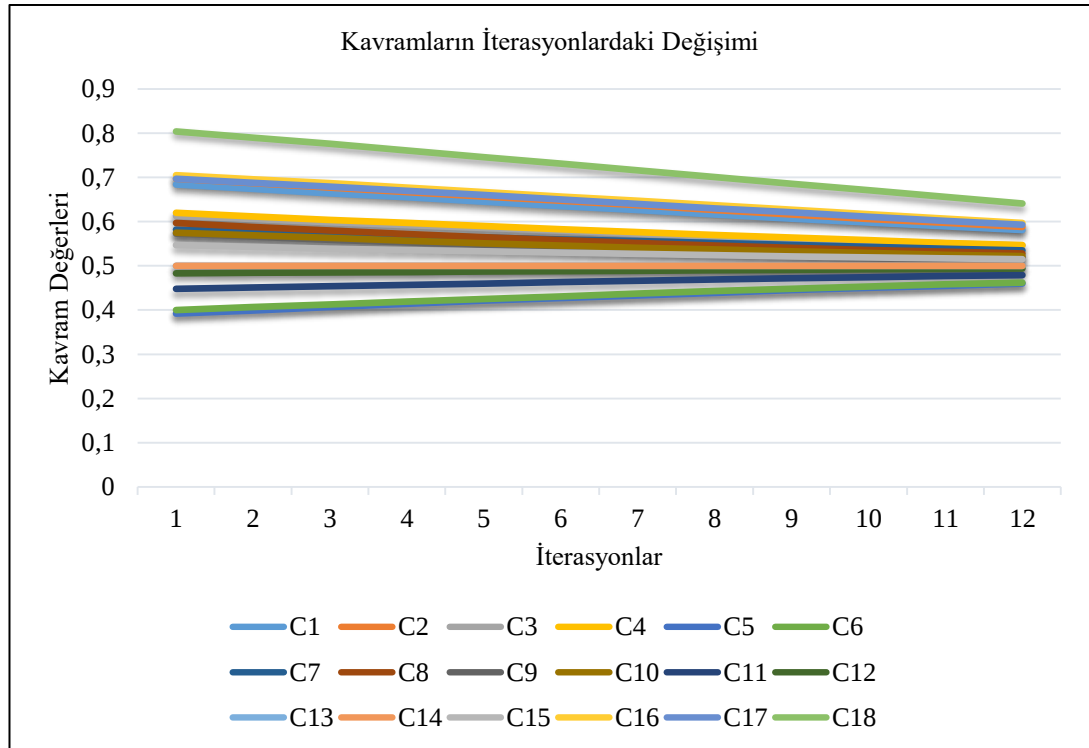


Şekil 5.19. Kavramların iterasyonlardaki değişimi (1. Senaryo).

Hebbian öğrenmeli bulanık bilişsel harita, 7 iterasyonda durdurma kriterine ulaşmaktadır. Durum vektörünün son hali ise $A^7 = [0.118 \ 0.099 \ 0.189 \ 0.162 \ 0.838 \ 0.816 \ 0.286 \ 0.124 \ 0.177 \ 0.188 \ 0.655 \ 0.558 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.295 \ 0.123 \ 0.133]$ olmaktadır. Bu aşamada çıkış karar değeri C18 (Bal üretimi- arıcılık potansiyeli) kavramının değeri 0.012 olmuştur. Bu değer seçilen bölge ve kriterler için bal üretiminin çok düşük olacağını ifade etmektedir. Sistemin diğer çıktıları ise kolonilerin yerleştirileceği yükseklik ~600 m – ~1200 m aralığı olmuştur. Bölgede en yüksek nektar akışı ise Haziran ve Temmuz aylarında olmaktadır. Sistemin diğer çıktısı ise üretilecek balın türüdür. Nektar akışının en yüksek olduğu dönemde, baskın bitki türü Kestane olduğu için bölgede Kestane balı üretilebilecektir. Sistemin çıktıları olan balın türü, yükselti ve zaman dilimi, diğer senaryolarda da aynı çıkmıştır.

5.3.2.2. İkinci Senaryo (Orta Durum)

İkinci senaryo olarak kovanlardaki hastalık oluşumu az, işçi arı ve yavru arı sayısı normal düzeyde, kraliçe arı yumurtlama düzeyi normal ve orta yaşlı, kovan tipi modern kovan, arıcı deneyimli ve bölgeye uygun arı kolonileri seçilmiştir.

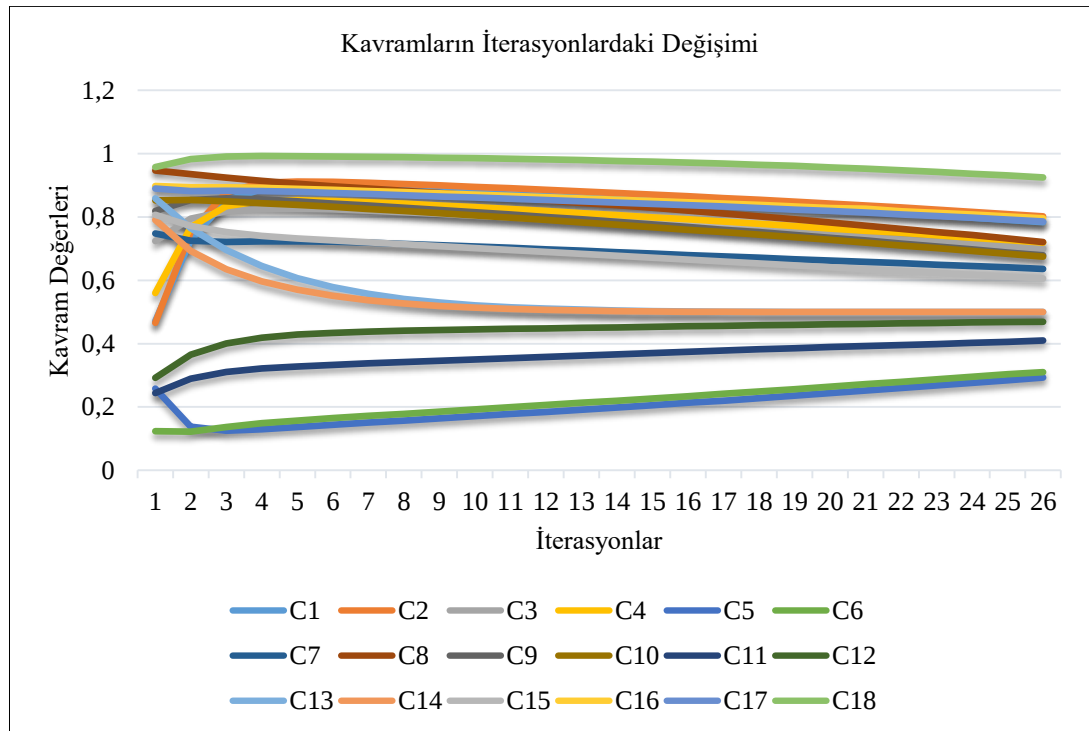


Şekil 5.20. Kavramların iterasyonlardaki değişimi (2. Senaryo).

Bu senaryo için Şekil 5.20’de iterasyonlar sırasında kavramların değişimini gösteren grafik verilmektedir. ZKDS’nin durum vektörü başlangıçta $A^0 = [0.179 \ 0.164 \ 0.557 \ 0.13 \ 0.732 \ 0.254 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.45 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 1 \ 1 \ 0.5 \ 0.75 \ 0.5]$ olmaktadır. Bu durumda 11 iterasyonda karar destek sistemi kararlı yapıya varmaktadır. Hata 0,001’den daha küçüktür. Durum vektörünün son hali $A^{11} = [0.859 \ 0.878 \ 0.779 \ 0.8 \ 0.205 \ 0.221 \ 0.696 \ 0.807 \ 0.745 \ 0.746 \ 0.361 \ 0.45 \ 0.511 \ 0.507 \ 0.662 \ 0.86 \ 0.85]$ olmuştur. Çıkış karar değeri C18 (Bal üretimi- arıcılık potansiyeli) kavramının değeri 0.635 olmuştur. Bu değer iyi bir sezon geçirilebileceğini göstermektedir. Kovan başına bal üretimi 20 kg’a kadar çıkabilecektir.

5.3.2.3. Üçüncü Senaryo (İyi Durum)

Son senaryo olarak, iyi durumu ifade eden işçi arı ve yavru arı sayısı yüksek, işçi arı uçuş sıklığı yüksek, hastalık oluşumu yok, kraliçe arı iyi yumurtluyor ve genç, kovan tipi termo (özel kovan), arıcı deneyimi yüksek ve arı kolonisi bölgeye uygun seçilmiştir. Bu senaryo için Şekil 5.21’de iterasyonlar sırasında kavramlardaki değişimi gösteren grafik verilmektedir.

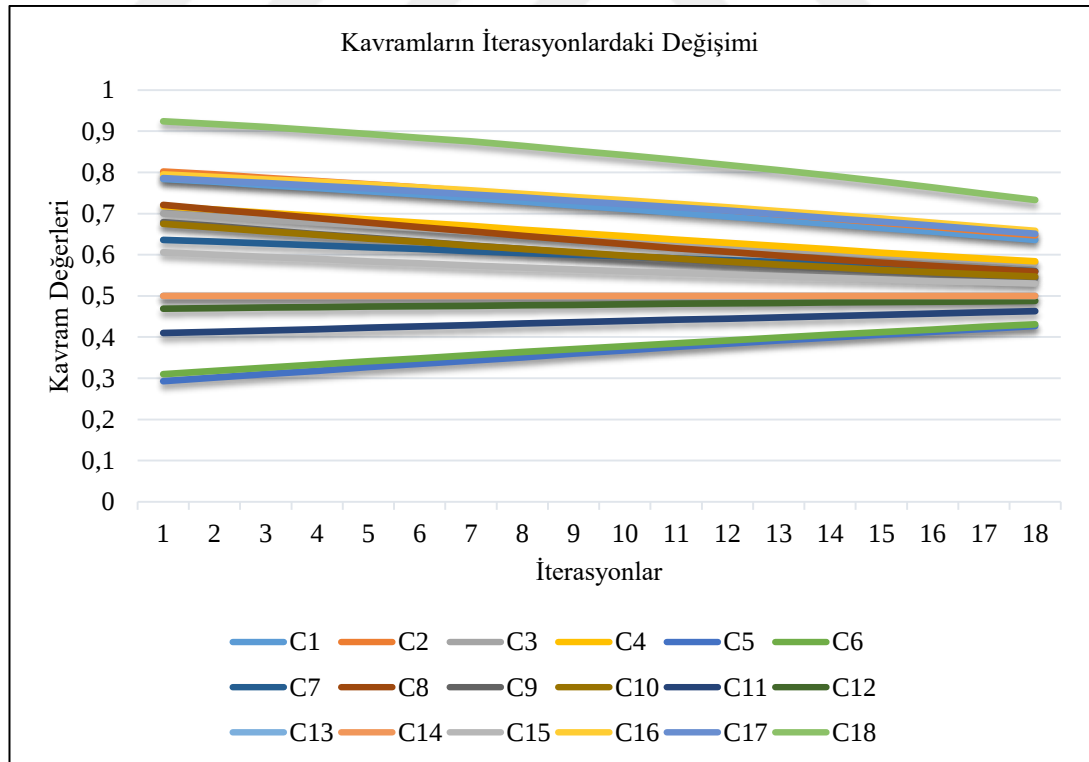


Şekil 5.21. Kavramların iterasyonlardaki değişimi (3. Senaryo).

Bu durumu ifade eden durum vektörü $A_0 = [0.179 \ 0.164 \ 0.557 \ 0.13 \ 0.732 \ 0.254 \ 0.875 \ 0.875 \ 0.7 \ 0.875 \ 0.125 \ 0.125 \ 1 \ 1 \ 0.875 \ 0.85 \ 0.875]$ olmaktadır. ZKDS 71 iterasyonda kararlı yapıya ulaşmaktadır. Durum vektörünün iterasyonlar sonucunda değeri $A_{71} = [0.507 \ 0.508 \ 0.504 \ 0.504 \ 0.497 \ 0.497 \ 0.503 \ 0.502 \ 0.501 \ 0.501 \ 0.498 \ 0.499 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.501 \ 0.509 \ 0.513]$ olmuştur. Çıkış karar değeri bu durumda C18 (Bal üretimi- arıcılık potansiyeli) = 0.986 olmuştur. Bu değer belirtilen koşullarda çok iyi bir sezon geçirileceğini göstermektedir. Kovan başına 20 kg'dan fazla bal üretimi yapmak mümkündür.

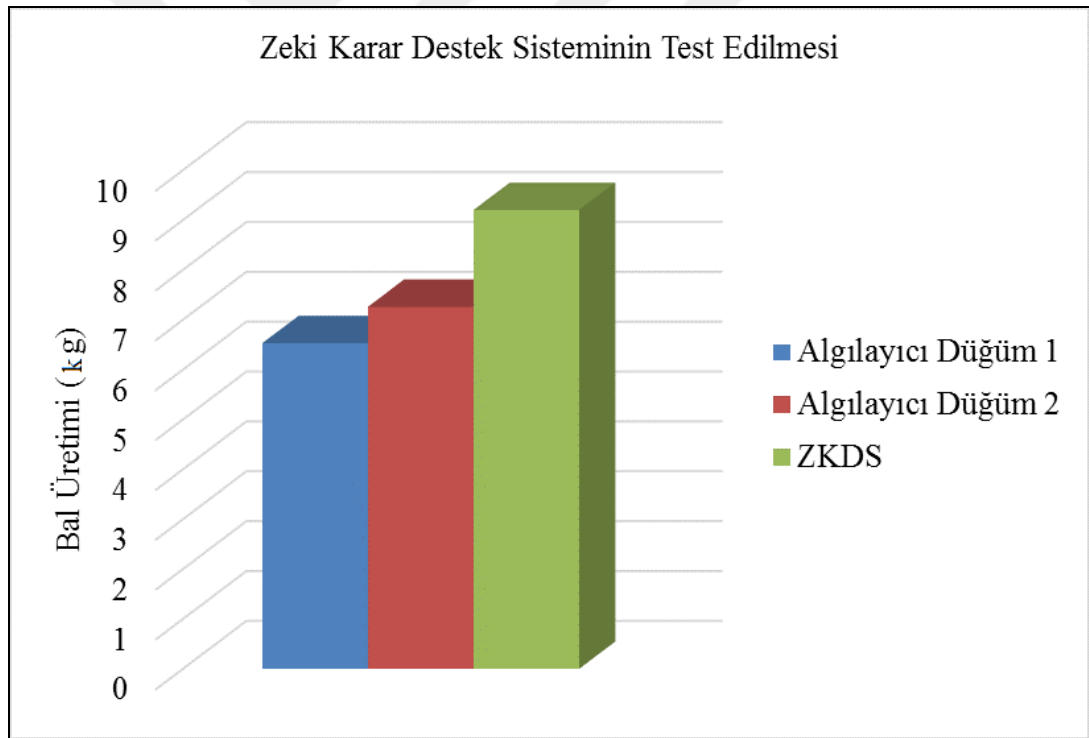
5.3.2.4. KAA Gerçek Ölçümler ile ZKDS'yi Test Etme

Zeki karar destek sisteminin başarımını KAA ile deney yapılan bölge için test edip doğruluğunu belirlemek mümkündür. Çizelge 6.4'teki deney başlangıcındaki arılar ile ZKDS gerçek değerler için test edilebilir. ZKDS çalışması esnasında kavramların iterasyonlardaki değişimini gösteren grafik Şekil 5.22'de verilmektedir.



Şekil 5.22. KAA deney sonuçlarının analizi.

Burada gerçek senaryo için kavramlar; işçi arı kolonisi büyüklüğü ve yavru arı kolonisi normal, işçi arıların uçuş sıklıkları normal, virütik ve mantarjen hastalık oluşumu yok, kraliçe arı genç ve yumurtlama kapasitesi yüksek, arıcının deneyimi az (1-8 yıl arası), kovan tipi modern ve arılar da bölgeye adapte olmuş olarak seçilmiştir. ZKDS değerlendirmesi öncesinde durum vektörü $A^0 = [0.179 \ 0.164 \ 0.557 \ 0.13 \ 0.732 \ 0.254 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.7 \ 0.875 \ 0.125 \ 0.125 \ 1 \ 1 \ 0.25 \ 0.75 \ 0.5]$ şeklindedir. ZKDS 17 iterasyon sonucunda kararlı yapıya ulaşmaktadır. Son durumdaki kavramların değerleri $A^{17} = [0.675 \ 0.688 \ 0.607 \ 0.613 \ 0.399 \ 0.407 \ 0.573 \ 0.582 \ 0.561 \ 0.571 \ 0.418 \ 0.484 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.541 \ 0.69 \ 0.63]$ şeklindedir. ZKDS'nin çıktı kavram değeri 0,24 olmaktadır. Bu değer belirtilen koşullarda iyi bir sezonu işaret etmemektedir. Elde edilen değer çıktı kavramının “Kötü” sınıflandırmasına denk geldiği görülmektedir. Şekil 5.23’de gerçek sonuçlar ve ZKDS’nin çıktıları karşılaştırılmıştır.

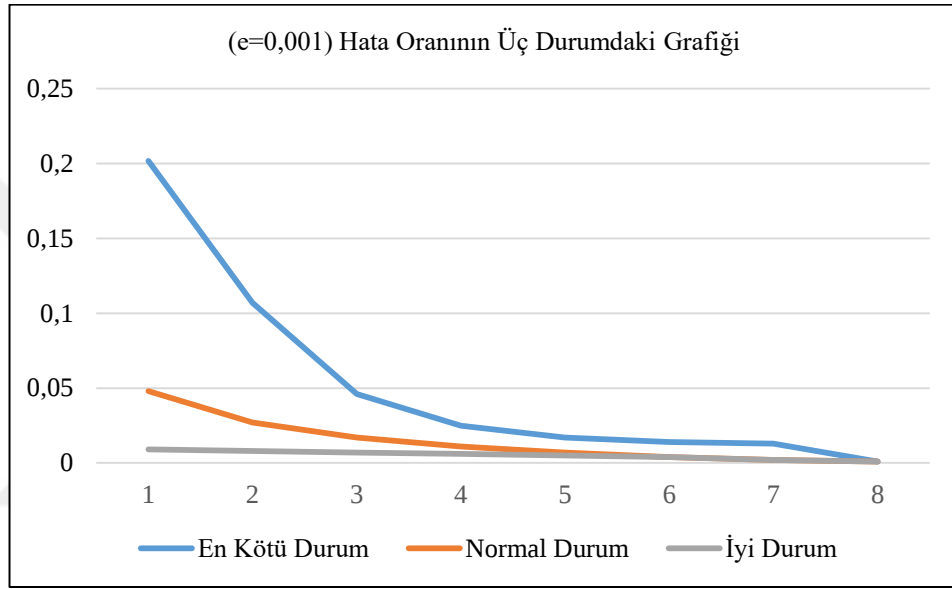


Şekil 5.23. Zeki karar destek sisteminin deney sonuçları ile karşılaştırılması.

Gerçek ölçüm deney sonucunda bal üretimi 6,53 kg ve 7,26 kg olarak ölçülmüştür. Gerçek senaryo ile karşılaştırıldığında elde edilen sonuca oldukça yakın ve %79,8’lik bir benzerlik çıkmaktadır. Bu benzerlik daha açıklayıcı bir ifade ile $10 \text{ kg} \pm 4$ şeklinde

ifade edilebilir. Kabul edilebilir hatanın ya da diğer bir ifade ile durdurma kriterinin üç senaryo için son yedi iterasyonu Şekil 5.24’de verilmektedir.

Özellikle gezgin arıcılara yardımcı olması için geliştirilen zeki karar destek sistemi arıcılığa yeni başlayan kişilere de onları yönlendirmesi sayesinde yardımcı olacaktır. Karar destek sisteminin çıkışı tek (C18=Bal üretimi- arıcılık potansiyeli) olmasına karşın seçilen bölge ile ilgili daha detaylı bilgi verilmesi yerinde olacaktır.



Şekil 5.24. Öğrenme eğrisi.

ZKDS, çiçeklenme dönemlerinde uygun yükseltilerde kovanların yerleştirilmesi, verimi artıracak için çiçeklenme dönemleri ve yükselti dikkate alınarak gidilmesi düşünülen bölge ile ilgili ayrıntılı tavsiyeler vermektedir. Karar destek sistemi değerlendirme sonucunda arıcıya seçilen bölge hakkında gidilmesi en uygun yükseklik ve yine gidilmesi en uygun zaman aralığı bilgisi ile arıcıyı daha fazla verim alacağı bölgeye yönlendirmektedir. Böylece bal akış sezonunun daha verimli geçirilmesi ve nektar kaynaklarından maksimum düzeyde fayda sağlanmış olacaktır.

Karar destek sisteminin bir başka çıktısı ise gidilecek bölgede elde edilecek balın türüne ilişkindir. Kestane ağacının baskın karakter taşıdığı Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde kestane balı üretimi yapılmaktadır. Yüksek kesimlerde kekik bitkisinin yoğun olduğu ve yüksek nektar potansiyeline sahip olduğu kesimlerde de kekik balı

üretimi yapılmaktadır. Yaylalarda, yüksek kesimlerde ise yayla-çiçek balı üretilmektedir. Çam ağacının yoğun olduğu Ege bölgesi ve Akdeniz bölgesinin bir kısmında ise Çam balı üretimi yapılmaktadır. Ayrıca Akdeniz bölgesinde narenciye bahçelerinin yoğun bir şekilde bulunması nedeniyle de bu bölgede narenciye balı üretimi de yapılmaktadır. Bu çalışmada seçilen bölgeye bağlı olarak veri tabanından ilgili bölge için çekilen bitkilerin nektar ve polen potansiyellerine bakılarak üretilebilecek balın türüne ilişkin bilgi sunulmaktadır.

5.3.2.5. Gezgin Arıcı Bilgileri ile ZKDS Karşılaştırması

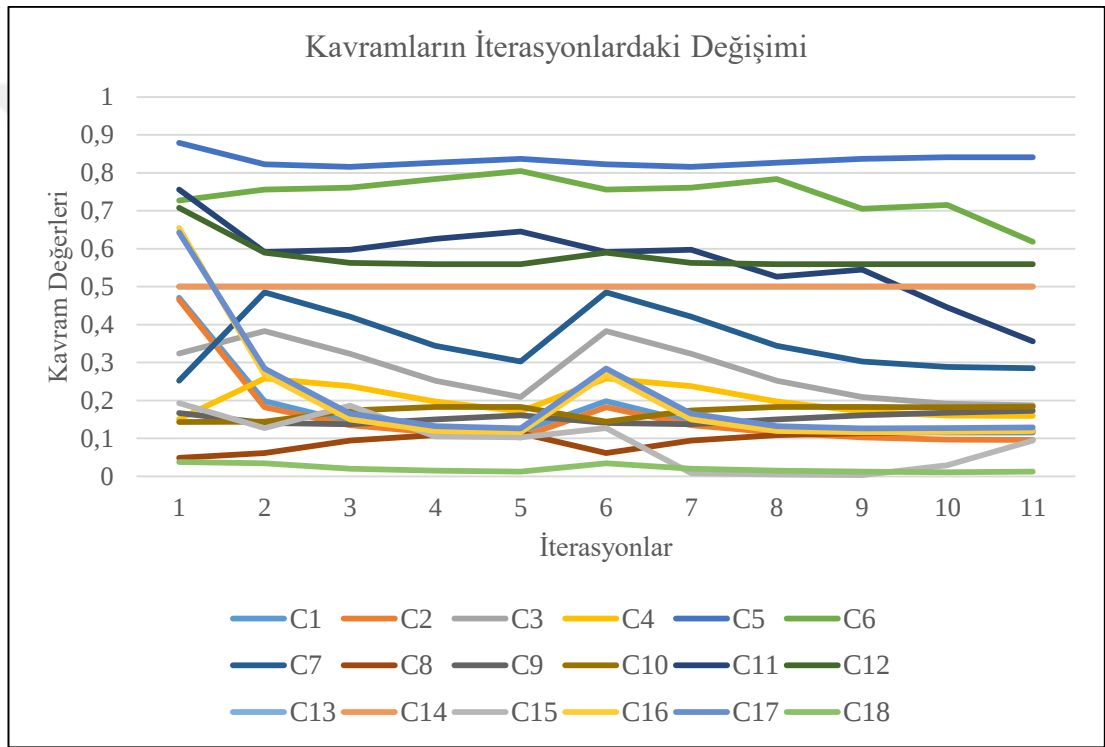
Gezgin arıcılık yapan Ordu Arıcılar Birliği Başkanı Akın Çifçi, 300 arı kolonisine sahiptir. Çifçi, 2017 yılını üç farklı yerde arı kolonilerini konaklatarak geçirmiştir. 15 Ocak 2017'den 15 Mayıs 2017'ye kadar Mersin/Tarsus'da bulunmuştur. Bu dönem daha çok arı kolonilerinin kendilerine yetecek balı ürettikleri dönem olmuştur. 15 Mayıs 2017'den 15 Eylül 2017'ye kadar arı kolonileri Erzurum/Hınıs'da konaklatılmıştır. Arı kolonileri bu dönemde, asıl bal üretimini yapmışlardır. Erzurum'un Hınıs ilçesi Van iline yakın, yüksek rakımlı bir yerdir. Çevresi dağlarla çevrili ova konumunda bir yer olan Hınıs, Erzurum'un ilçesidir. Gezgin arıcı son olarak 15 Eylül 2017'den sene sonuna kadar arı kolonilerini Samsun/Çarşamba'da konaklatmıştır. Bu dönemde arı kolonileri kışlık bal üretimini ancak yapabilmişlerdir. Çizelge 5.7'de bu üç dönemde koloni başına üretilen bal miktarı verilmektedir.

Çizelge 5.7. Gezgin arı kolonisi koloni başına verim.

Konaklama Dönemleri	Konaklama Yerleri		
	Mersin/Tarsus	Erzurum/Hınıs	Samsun/Çarşamba
15 Ocak- 15 Mayıs	~7,1 kg	-	-
15 Mayıs- 15 Eylül	-	~47 kg	-
15 Eylül- 15 Ocak	-	-	~6,4 kg

Çizelge 5.7'den de görüldüğü üzere gezgin arıcı asıl bal üretimini Erzurum/Hınıs'ta ve 15 Mayıs – 15 Eylül dönemlerinde yapmıştır. Gezgin arıcının kolonileri genç kraliçeye sahip ve Kafkas melez ırkındadır. Kolonilerde modern kovan (Langstroth)

kullanılmaktadır. Ayrıca koloniler sağlıklı, herhangi bir mantarogen ya da virütik hastalık bulundurmamaktadır. Kolonilerde ortalama 7 çerçeve arı (30 bin) bulunmaktadır. Gezgin arıcının deneyimi ise 30 yıldan fazladır. Bu deneyde bir gezgin arıcının (Akın Çifçi) 2017 yılındaki bilgileri ile ZKDS karşılaştırılmıştır. ZKDS'nin çıktıları nektar akış sezonunun olduğu dönem içindir. Örneğin, bir aylık bir nektar akış sezonu var ise ZKDS o bir aylık dönem için çıktı üretmektedir. Nektar akış sezonu üç ya da dört ay sürerse, bu durumda ZKDS çıktısı elde edilen çıktının nektar akış sezonu süresi ile çarpılması sonucunda elde edilmektedir.

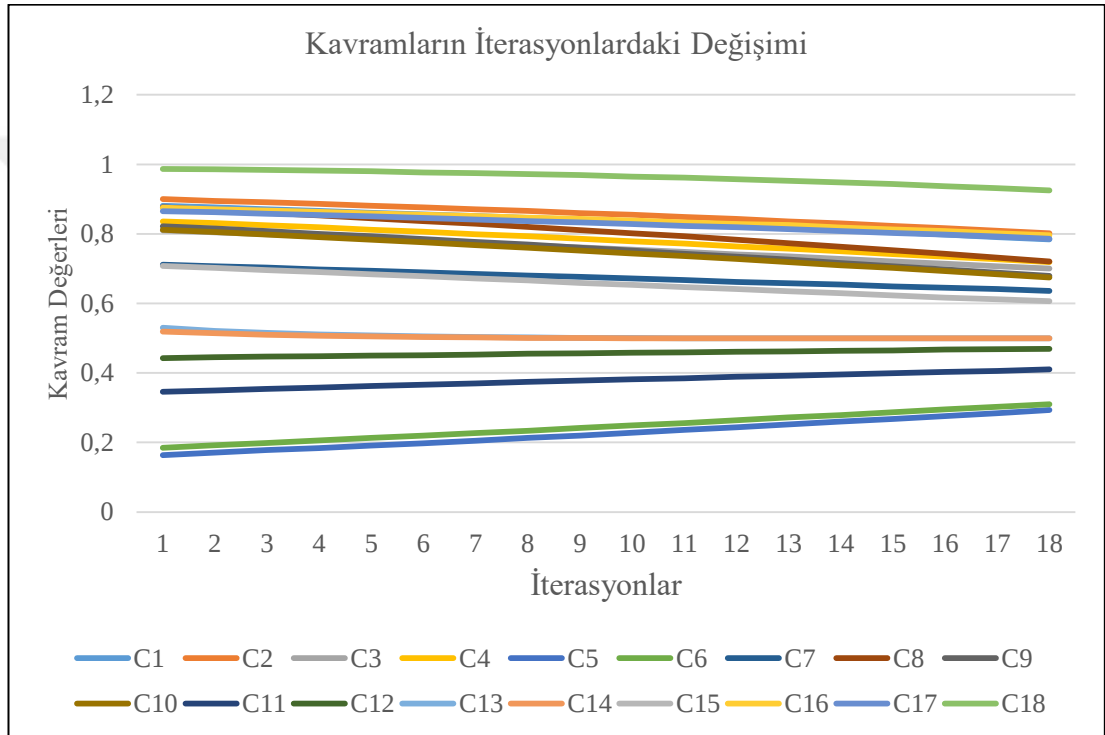


Şekil 5.25. Mersin/Tarsus bal üretimi.

Şekil 5.25’de Mersin/Tarsus bölgesi için ZKDS’nin çıktı kavram değeri 0,14 olmaktadır. ZKDS 13 iterasyonda kararlı yapıya ulaşmıştır. Bu değer belirtilen koşullarda iyi bir sezonu işaret etmemektedir. Elde edilen değer çıktı kavramının (C18- Bal üretimi- arıcılık potansiyeli) “Kötü” sınıflandırmasına denk gelmektedir. Gezgin arıcı bu dönemde kolonilerinden iyi bir verim alamamıştır. Bu dönemde, ancak kolonilere yetecek kadar bal üretimi yapılmıştır. Bölgede narenciye ağırlıklı bal üretimi yapılabilmektedir. ZKDS Mersin/Tarsus için gidilmesi en uygun zaman dilimini (nektar akışının yoğun olduğu) Nisan-Temmuz olarak vermektedir. Gezgin

arıcının beklenen bal verimini elde edememesinin nedeni, nektar akış döneminde orada (Mersin/Tarsus) olmamasından kaynaklanmaktadır. ZKDS en uygun yükselti aralığını ise deniz seviyesi ile ~600 m arası olarak vermektedir.

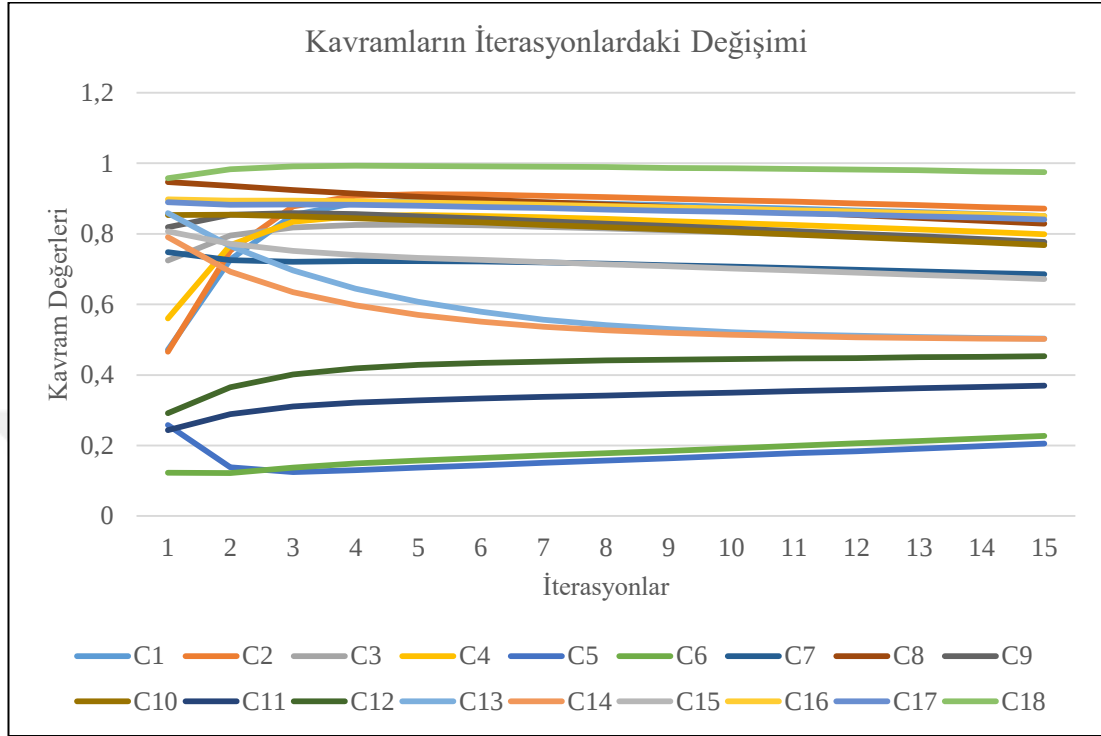
Şekil 5.26’da Erzurum/Hınıs bölgesi için ZKDS’nin çıktı kavram değeri 0,95 olmaktadır. ZKDS 18 iterasyonda kararlı yapıya ulaşmaktadır. Bu değer belirtilen koşullarda iyi bir sezonu işaret etmektedir.



Şekil 5.26. Erzurum/Hınıs için Bal Üretimi.

Elde edilen değer, çıktı kavramının “İyi” sınıflandırmasına denk gelmektedir. Gezgin arıcı bu dönemde kolonilerinden iyi bir verim almıştır. ZKDS’de kovan başına bal verimini 20 Kg’dan fazla olarak vermiştir. Gezgin arıcı, beklediği bal verimine ulaşmıştır. Bölgede yayla/çiçek balı üretimi yapılabilmektedir. ZKDS Erzurum/Hınıs için gidilmesi en uygun zaman dilimini (nektar akışının yoğun olduğu) Haziran-Eylül olarak vermektedir. Gezgin arıcı da yaklaşık olarak bu zaman dilimlerinde kolonilerini Erzurum/Hınıs’ta konaklatmıştır. ZKDS en uygun yükselti aralığını ~800 m – ~2000 m yükselti aralığı olarak vermektedir. Gezgin arıcı ise kolonilerini ~1800 m

yükseklikte konaklatmıştır. Son olarak, gezgin arıcının kolonilerini konaklattığı Samsun/Çarşamba için ZKDS sonuçları Şekil 5.27’de verilmektedir.



Şekil 5.27. Samsun/Çarşamba için Bal Üretimi.

Şekil 5.27’de Samsun/Çarşamba bölgesi için ZKDS’nin çıktı kavram değeri 0,35 olmaktadır. ZKDS 15 iterasyonda kararlı yapıya ulaşmaktadır. Bu değer belirtilen koşullarda iyi bir sezonu işaret etmemektedir. Elde edilen değer çıktı kavramının “Kötü” sınıflandırmasına denk gelmektedir. Gezgin arıcı bu dönemde kolonilerinden iyi bir verim almamıştır. Zaten koloniler daha çok kışın yiyecekleri kadar bal üretmişlerdir. ZKDS sonucuna göre kovan başına bal verimi 10 Kg’dan az olmaktadır. Bölgede çiçek balı üretimi yapılabilmektedir. ZKDS Samsun/Çarşamba için gidilmesi en uygun zaman dilimini (nektar akışının yoğun olduğu) Haziran-Ağustos olarak vermektedir. Gezgin arıcı nektar akışının olduğu dönemde Samsun/Çarşamba’da olmamıştır. Bu nedenle beklenen bal verimi elde edilememiştir. ZKDS en uygun yükselti aralığını ise deniz seviyesi ile ~800 m yükselti aralığı olarak vermektedir. Gezgin arıcı ise kolonilerini ~200 m rakımda konaklatmıştır. Gezgin arıcıdan alınan bilgiler ile ZKDS karşılaştırıldığında Mersin/Tarsus için %81, Erzurum/Hınıs için

%84,7 ve Samsun/Çarşamba için %79,6'lık oranlarda benzer sonuçlar üretmiştir. Ortalama benzerlik oranı ise %81,7 olarak tespit edilmiştir.



BÖLÜM 6

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında KAA tabanlı nektar akışı ölçüm ve izleme sistemi geliştirilerek, arıcıların bal üretimini arttırmalarına yardımcı, aynı zamanda arıcılık potansiyelini belirlemeye yönelik zeki karar destek sistemi geliştirilmiştir. Kablosuz algılayıcı ağlar arıcılıkta da yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen nektar akışının KAA ile ölçümü şeklinde yapılmış bir çalışma literatürde yoktur. Bu yönü bu tez çalışmasının özgünlüğüdür. KAA ile yapılan deney sonuçlarına göre, bir bölgedeki nektar-polen varlığını ölçmek ya da tahmin etmek ile bal üretim miktarının (arıcılık potansiyelinin) bulunamayacağı anlaşılmıştır. Elde edilen bu sonuca göre, bal üretiminin tahmin edilmesi için arı kolonilerinin durumları ve meteorolojik veriler gibi parametrelerin de tahmin sistemine eklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Nektar akış deneyi sonuçları dikkate alınarak on sekiz adet kavramdan oluşan ZKDS bulanık bilişsel haritalar ile modellenmiştir. ZKDS’inde kullanılan kavramlar; nektarlı bitkiler, polenli bitkiler, ortalama sıcaklık, güneşlenme süresi, yağışlı gün sayısı, yağış ortalaması, yetişkin işçi popülasyonunun büyüklüğü, yavru arı popülasyonunun büyüklüğü, kraliçe arının yaşı, kraliçe arının yumurtlama kapasitesi, virütik hastalıklar, mantarogen hastalıklar, arıların morfolojik ve ekotip özellikleri, arıların ırkı, arıcının deneyimi, kovan tipi, işçi arıların uçuş sıklığı ve bal üretimi (arıcılık potansiyeli) şeklindedir. Bal üretim kavramı ZKDS’nin çıktı kavramıdır. KDS’inde BBH’ların kullanılmasının nedeni, sayısal olarak ifade edilemeyen/ölçülemeyen ancak uzman bilgisi/deneyimi ile ifade edilen değişkenlerin olması ve bu değişkenlerin arasındaki ilişkinin deneyimle sayısallaştırılabilir nitelikte olmasındandır. Bulanık bilişsel haritaların etkinliğini artırmak için lineer olmayan Hebbian öğrenme algoritması kullanılmıştır. Hebbian öğrenme algoritmasının BBH içine entegre edilmesi ile KDS, “akıllı” ZKDS haline dönüşmüştür. Geliştirilen BBH’da kullanılan kavramlar çoklu doğrusal regresyon ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Çoklu doğrusal regresyon işleminde BBH'daki tüm kavramlar kullanılmamıştır. Bunun nedeni regresyon modelinde bağımsız değişkenler olarak kullanılan on yedi kavram içinde, bazı kavramların birbirleri ile yüksek korelasyona sahip olmasıdır. Birbirleri arasında yüksek korelasyon bulunan bağımsız değişkenler (kavramlar) birleştirilerek tek bir bağımsız değişken (kavram) ile regresyon modeline dahil edilmişlerdir. Regresyon modelinde kullanılan değişkenler (kavramlar); dış ortam besin, sıcaklık, yağış, arıların durumu, kraliçe arı durumu, kovanda hastalık oluşumları, arı genotip ve fenotipi şeklindedir. Regresyon işlemi sonucunda %82.3 oranında BBH'daki kavramların bal üretimini (arıcılık potansiyelini) açıkladığı görülmüştür. Regresyon analizi sonucuna göre modele dahil edilen değişkenlerin bal üretimi değişkenini (kavramını) büyük oranda açıkladığı/kapsadığı görülmüştür. ZKDS ile KAA test edildiğinde %79,8'lik doğruluk oranı elde edilmiştir. Bu oranı artırmak için daha hassas ve güncel veriler kullanılabilir. ZKDS eğitiminde kullanılan Hebbian öğrenmesi yerine başka öğrenme algoritmaları denenebilir. Karar destek sistemi çıkış olarak kullanıcıya seçilen bölgede elindeki arı kolonileri ile;

1. Ne kadar bal üretebileceğini (kg)
2. Üretilen balın türünü (Kestane balı, çiçek balı, yayla balı vb.)
3. Seçilen bölgenin (iyi, normal ve kötü) sınıflandırılmasını
4. Seçilen bölgeye gitmek için en uygun zaman dilimini (Haziran, Temmuz vb.)
5. Seçilen bölgede hangi yükselti aralıklarında kovanların yerleştirilmesi gerektiği (200 m ile 800 m, deniz seviyesi – 600 m vb.)

gibi bilgileri vermektedir. Bu çalışma, Türkiye'de arıcılık sektörüne verimliliği arttıracak yeni bir boyut kazandırması ve teknolojinin tarımsal faaliyetlere entegre edilmesini sağlaması bakımından önemlidir. Teknolojinin entegre edilmesi ile ülkemizin kovan başına bal veriminin artacağı düşünülmektedir. Ülkemizin katma değeri yüksek ürünler üretmesine katkı sağlanacaktır.

Bu tez çalışmasında geliştirilen ZKDS, 2017 yılında gezgin arıcılık yapmış bir arı yetiştiricisinin bilgileri ile de karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda ZKDS'nin %81,7 doğrulukta çalıştığı görülmüştür. ZKDS'ne bağlanan kullanıcı, seçtiği bölgenin nektar akış dönemini öğrenmektedir. Burada kullanıcı arıcılık sezonunu sisteme girerek

planlayabilmektedir. %81,7'lik sistem başarımının artırılması için, coğrafi olarak büyük olan illerin iklimsel benzerliklere göre birkaç parçaya bölünmesi düşünülebilir. Böylece iklimsel özellikler daha hassas bir şekilde sisteme dahil edilebilir.

Zeki karar destek sisteminin daha iyi sonuçlar vermesini sağlamak için zirai ilaçlama yapılan bölgelerin tespit edilmesi ve daha fazla uzmanla anket çalışması yapılarak sistemin hassasiyetinin artırılması düşünülebilir. ZKDS aynı zamanda sürdürülebilir bir tarım uygulaması olarak da tanımlanabilir. Sürekli güncelleme sayesinde dinamik bir sistem olarak kullanılabilir.

Sistemin daha kararlı ve gerçek zamanlı çalışması için Coğrafi Bilgi Sistemleri destekli uzaktan algılama yöntemleri kullanılabilir. Ayrıca ülkemizin belirli bölgelerine yerleştirilecek örnek kovanlar ile kablosuz algılayıcı ağlar kurulabilir. Kovanlarda sürekli olarak ağırlık ölçümü, sıcaklık ve nem, kovan içi karbondioksit miktarı, kovana giren ve çıkan arı sayısı gibi parametreler okunabilir. Bu kablosuz algılayıcı ağlardan gelecek veriler ile sistem gerçek zamanlı denetlenebilir. Yazılımın iyileştirilmesi için bulut tabanlı web otomasyonu geliştirilebilir. Web otomasyonu bir iş-iskeleti (framework) olarak tasarlanabilir. Böylece daha esnek, dinamik ve ölçeklenebilir bir sistem ortaya çıkacaktır.

Gezgin arıcılar günümüzde TKK tarafından takip edilmekte, nektar kaynaklarının olduğu bölgelere kolonilerini yerleştirmeleri konusunda belirli bir kritere göre davranılmamaktadır. Bu durum sosyo-ekonomik açıdan problemler meydana getirmektedir. Bir sonraki çalışmada, kovanların yerleştirileceği bölgelerin aşırı ya da az arı popülasyonuna sahip olmaması için bölgelerin ne kadar arı kolonisi alabileceği belirlenecektir. Bir bölgede az arı kolonisi olması durumunda bölgedeki nektar kaynakları alınamayabilir. Bunun sonucunda daha az bal üretilecektir. Aynı zamanda bölgedeki çiçeklerin tozlaşması yeterince sağlanamayacağı için tarımsal anlamda daha az ve kalitesi düşük ürün elde edilmektedir. Bölgeye fazla arı kolonisi yerleştirilmesi durumunda ise nektar kaynaklarının hepsi toplanabilir, ancak bu durumda da yerleştirilen arı kolonilerinin birbirleri ile yarışması durumu ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda dönemde bölgedeki arıların beklenen bal miktarına ulaşamayacakları sorununun doğurmaktadır. Özellikle gezgin arıcılar için bu, son

derece zor bir durumdur. Bu problemi bir optimizasyon problemi gibi ele alarak TKK'lerinin kullanımına sunulacak bir sistem geliştirilebilir.



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. Albayrak, A., “Uzman sistem denetimli arı kovanı tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, 19-20 (2011).
3. Agbaba, N. Alghamdi, A. Sammoud, R. Senkte, A. Tadesse, Y. Ansari, J. M. Sharma, D. ve Hepburn, C., “Determining spatio-temporal distribution of bee forage species of Al-Baha region based on ground inventorying supported with GIS applications and Remote Sensed Satellite Image analysis”, **Saudi Journal of Biological Sciences**, 24:1038-1044 (2017).
4. Şahinler, N. and Cengiz, M., M., “Avrupa birliği ülkeleri ve Türkiye arıcılığına bir bakış”, **2. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi**, Muğla, 11-17 (2010).
5. Kekeçoğlu, M., Gürcan, E.K., Soysal, M.İ., “The Status of Beekeeping for Honey Production in Turkey”, **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**, 4: (2) (2007).
6. Fıratlı, Ç., Karacaoğlu, M., Gençer, H. V. Gürel, F. and Koç, A. U., “Türkiye arıcılığının yapısal analizi”, **Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi**, Ankara, 707-717 (2010).
7. Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T., “Importance of pollinators in changing landscapes for world crops”, **Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.**, 274 (1608), 303–313 (2007).
8. Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J., Vaissiere, B.E., “Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline”, **Ecol. Econ.** 68 (3), 810–821 (2009).
9. Breeze T. D., Bailey, A. P., Balcombe, K. G., Potts, S. G., “Pollination services in the UK: How important are honeybees?”, **Agriculture, Eco systems and Enviroment.**, vol: 142, 137–143 (2011).
10. Sudarsan, R., Thompson, C., Kevan, G. P., Eberl, J. H., “Flow currents and ventilation in Langstroth beehives due to brood thermo re-gulation efforts of honeybees”, **Journal of Theo-retival Biology**, vol: 295, 168 – 193 (2012).
11. Davis, P.H., “Flora of Turkey and East Aegean Islands”, **Edinburg University Press**, Edinburg, UK, (1988) .

12. Orman Genel Müdürlüğü, “Ülkemizde Polen ve Nektar Veren Önemli BallıBitkilerin Çiçeklenme Dönemi, Polen veya Nektar Kapasiteleri ile Bulunduğu İller”, **OGM Raporu**, Ankara. (2012).
13. Sorkun, K. “Türkiye'nin Nektarlı Bitkileri, Polenleri ve Balları”, **Palme Yayınevi**, Ankara (2007).
14. Zacepins, A., Brusbardis, V., Meitalovs, J., “Challenges in the development of Precision Beekeeping”, **Biosystem Engineering**, vol: 30 60-71 (2015).
15. Meitalovs, J., Histjajevs, A., and Stalidzans, E., “Automatic microclimate controlled beehive observation system”. **In 8th International Scientific Conference ‘Engineering for Rural Development**, Latvia University of Agriculture, (2009).
16. Bencsik, M., Bencsik, J., Baxter, M., Lucian, A., Romieu, J., and Millet, M. “Identification of the honey bee swarming process by analysing the time course of hive vibrations”. **Computers and Electronics in Agriculture**, 76:44-50 (2011).
17. Brundage, T., “Acoustic sensor for beehive monitoring”, **US Patent** 8,152,590 (2012).
18. Linton, F., “Hive monitoring technology: high tech hives”, **American Bee Journal**, 767-769 (2012).
19. Meikle, W.G., Holst, N., “Application of continuous monitoring of honeybee colonies”, **Apidologie** vol:46:10-22 (2015).
20. Mclellan, A.R., “Honeybee colony weight as an index of honey production and nectar flow: A critical evaluation”, **Journal Applied Ecology**, vol:14, 401-408 (1977).
21. Anonymous, Monitoringprojekt Völkerverluste “Untersuchungsjahre 2004–2008. Zusammenfassung und vorläufige Beurteilung der Ergebnisse. <http://www.ag-bienenforschung.de> (in German) (2008).
22. Kviesis, A., Zacepins, A., “System Architecture for Real time Bee Colony Temperature Monitoring”, **Procedia Computer Science**, vol:43, 86-94 (2015).
23. Ferrari, S., Silva, M., Guarino, M., Berckmans, D., “Monitoring of swarming sounds in bee hives for early detection of the swarming period”, **Computers and Electronics in Agriculture**, vol:64, 72-77 (2008).
24. Human, H., Brodschneider, R., Dietemann, V., Dively, G., Ellis, J. D., Forsgren, E., “Miscellaneous standard methods for *Apis mellifera* research”, **Apicultural Research**, 52 -55 (2013).
25. Aumann, H. M. and Emanetoglu, N. W., "The radar microphone: A New way of monitoring honey bee sounds", **2016 IEEE SENSORS**, Orlando, 1-2 (2016).

26. Murphy, F. E., Magno, M., O'Leary, L., Troy, K., Whelan, P. and Popovici, E. M., "Big brother for bees (3B) — Energy neutral platform for remote monitoring of beehive imagery and sound", **2015 6th International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces (IWASI)**, Gallipoli, 106-111 (2015).
27. Murphy, F. E., Popovici, E., Whelan, P. and Magno, M., "Development of an heterogeneous wireless sensor network for instrumentation and analysis of beehives", **2015 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings**, Pisa, 346-351 (2015).
28. Fitzgerald, D. W., Murphy, F. E., Wright, W. M. D., Whelan, P. M. and Popovici, E. M., "Design and development of a smart weighing scale for beehive monitoring", **2015 26th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)**, Carlow, 1-6 (2015).
29. Zacepins, A., Kviesis, A., Pecka, A. and Osadcuks, V., "Development of Internet of Things concept for Precision Beekeeping", **2017 18th International Carpathian Control Conference (ICCC)**, Sinaia, 23-27 (2017).
30. Zoccali, P., Malacrino, A., Campolo, O., Laudani, F., Algeri, G., Giunti, G., Strano, C., Benelli, G. and Palmeri, V., "A novel GIS-based approach to assess beekeeping suitability of Mediterranean lands", **Saudi Journal of Biological Sciences**, 24, 1045-1050 (2017).
31. Abou-Shaara, F. H., "Suitability of Current and Future Conditions to Apiculture in Egypt using Geographical Information System", **Journal of Agricultural Informatics**, Vol:6, No.2 (2015).
32. Amiri, F., Rashid, A., Shariff, M., Arekhi, S., "An approach for Rangeland Suitability Analysis to Apiculture Planning in Gharah Aglach Region, Isfahan-Iran", **World Applied Sciences**, 12(7):962-972 (2011).
33. Bilici, S., "Bal Arısı Biyolojisi ve Yetiştiriciliği", **Eflatun Yayınevi**, Ankara, 12-34 (2009).
34. Semerci, A., "Türkiye Arıcılığının Genel Durumu ve Geleceğe Yönelik Beklentiler", **Journal of Agricultural Faculty of Mustafa Kemal University**, 22(2):107-118 (2017).
35. Akyıldız, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E. "Wireless Sensor Networks: A Survey", **Computer Networks**, 38(4):393–422 (2002).
36. Baronti, P., Pillai, P., Chook, W.C.V., Chessa, S., Gotta, A. and Hu, F.Y., "Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards", **Computer Communication**, vol:30, 1655-1695 (2007).
37. Viera, M. A. and Junior, S. C. D., "Survey on Wireless Sensor Network Devices", **Emerging Technologies and Factory Automation**, vol:1, 537-544 (2003).

38. Yoshida, K., Hirahara, H., Kanemura, Y., Kinoshita, M., Iwase, M. and Hatakeyama, S., "A design of Real Time Wireless Sensor Based Control System for Pendulum like Systems", ***SICE Annual Conference***, 17-20 (2007).
39. Wang, Q., Barolli, L., Kulla, E., Durresi, A., Biberaj, A. and Takizawa, M., "A Fuzzy based Simulation System for Controlling Sensor Speed in Wireless Sensor Networks", ***Network Based Information Systems (NBIS) 15 th International Conference on Network Based Information Systems***, 208-213, Melbourne (2012).
40. Genova, F., Bellifemine, F., Gaspardone, M., Beoni, M., Cuda, A. and Fici, P. G., "Thermal and energy management system based on low cost Wireless Sensor Network Technology, to monitor, control and optimize energy consumption in Telecom Switch and Data Centres", ***4th International Conference on Energy Special Conference (Telescon)***, 1-8, Vienna, Austria (2009).
41. Khanna R., Liu H. ve Chen H., "Self Organizing of Wireless Sensor network for Autonomous Control in an IT Server Platform", ***IEEE International Conference on Communications (ICC)***, 1-5, Cape Town, South Africa, (2010).
42. Liqiang, Z., Shouyi, Y., Leibo, L., Zhen, Z. and Shaojun, W., "A Crop Monitoring System Based on Wireless Sensor Network", ***Procedia Enviromental Sciences***, vol :11, 558-565 (2011).
43. Aslan, E. Y., Körpeoğlu, İ. and Ulusoy, Ö., "A Framework for use of wireless sensor network in forest fire detection and monitoring", ***Computers, Enviroment and Urban Systems***, vol:36, 614-625 (2012).
44. Fernandes, A. M., Matos, G. S., Peres, E., Cunha, R. C., López, A. J., P.J.S.G. Ferreira, M.J.C.S. and Morais, R., "A framework for wireless sensor networks management for precision viticulture and agriculture based on IEEE 1451 standart", ***Computers and Electronics in Agriculture***, vol:95, 19-30 (2013).
45. Evans, R. and Bergman, J., "Relationships between cropping sequences and irrigation frequency under self-propelled irrigation systems in the Northern Great Plains (NGP)", ***USDA Annual Report. Project***, 002–003 (2003).
46. Morais, R., Valente, A. and Serôdio, C., "A wireless sensor network for smart irrigation and environmental monitoring", ***EFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture***, Portugal, 845–850 (2005).
47. Basu, T., Thool, M.V.R., Thool, R.C., Birajdar, A.C., "Computer based drip irrigation control system with remote data acquisition system", ***4th World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources***, USA (2006).
48. Kim, Y., Evans, R.G., Iversen, W.M., "Remote sensing and control of an irrigation system using a distributed wireless sensor network", ***IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement***, vol: 57 (7) :1379–1387 (2008).

49. Kim, Y., Evans, R.G., “Software design for wireless sensor-based site-specific irrigation”, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol: 66 (2):159–165 (2009).
50. Cugati, S., Miller, W., Schueller, J., “Automation concepts for the variable rate fertilizer applicator for tree farming”, *The Proceedings of the 4th European Conference in Precision Agriculture*, Berlin, Germany, 14–19. (2003).
51. Ehlert, D., Schmerler, J., Voelker, U., “Variable rate nitrogen fertilisation of winter wheat based on a crop density sensor”, *Precision Agriculture* vol:5 (3) 263–273 (2004).
52. He, J., Wang, J., He, D., Dong, J., Wang, Y., “The design and implementation of a integrated optimal fertilization decision support system”, *Mathematical and Computer Modelling* vol:54 (3-4):1167-1174 (2011).
53. Chen, X., Zhang, F., “The establishment of fertilization technology index system based on “3414” fertilizer experiment”, *China Agricultural Technology Extension*, vol:22 (4):36–39 (2006).
54. Yanlin, H., Shoulun, C., “Summarization of fertilization model research”, *Chinese Journal of Soil Science* vol :35 (4): 493–501 (2004).
55. Oerke, E.-C., Gerhards, R., Menz, G., Sikora, R.A., “Variable rate application of fungicides, Precision Crop Protection the Challenge and Use of Heterogeneity”, *Springer Science and Business Media*, 351–365 (2010).
56. Butler, Z., Corke, P., Peterson, R., Rus, D., “Virtual fences for controlling cows”, *The 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, New Orleans, 4429–4436 (2004).
57. Radenkovic, M., Wietrzyk, B., “Wireless mobile ad-hoc sensor networks for very large scale cattle monitoring”, *6th Int'l Workshop Applications and Services in Wireless Networks (ASWN 06)*, 47–58 (2006).
58. Wark, T., Corke, P., Sikka, P., Klingbeil, L., Guo, Y., Crossman, C., Valencia P., Swain, D., Bishop-Hurley, G., “Transforming agriculture through pervasive wireless sensor networks”, *IEEE Pervasive Computing*, 50–57 (2007).
59. Andonovic, I., Michie, C., Gilroy, M., Goh, H.G., Kwong, K.H., Sasloglou, K. and Wu, T., “Wireless sensor networks for cattle health monitoring”, *ICT Innovations 2009, Springer*, Berlin Heidelberg, 21–31 (2010).
60. Zhang, W., Kantor, G. and Singh, S., “Integrated wireless sensor/actuator networks in an agricultural application”, *2nd ACM International Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, 317 (2007).
61. Rehman, A., Shaikh, Z.A., Yousuf, H., Nawaz, F., Kirmani, M. and Kiran, S.,

- “Crop irrigation control using Wireless Sensor and Actuator Network (WSAN)”, **2nd IEEE International Conference on Information and Emerging Technologies (ICIET- 2010)**, Karachi, Pakistan, 1–5 (2010)
62. Burrell, J., Brooke, T. and Beckwith, R., “Vineyard computing: sensor networks in agricultural production”, **IEEE Pervasive Computing**, vol: 3 (1):38–45 (2004).
 63. Beckwith, R., Teibel, D. and Bowen, P., “Report from the field: results from an agricultural wireless sensor network”, **29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks**, Tampa, FL, USA, 471–478 (2004).
 64. Rahman, A., Abbasi, A. Z., Islam, N. and Shaikh, A. Z., “A review of wireless sensors and networks’ applications in agriculture”, **Computer Standarts & Interfaces**, vol: 36:263-270 (2014).
 65. Nadimi, E. S., Jorgensen, R. N., Blanes-Vidal, V. and Christensen, S., “Monitoring And Classifying Animal Behaviour Using ZigBee-based mobile ad hoc wireless sensor networks and artificial neural network”, **Computers and Electronics in Agriculture**, vol: 82:44-54 (2012).
 66. Ramesh, V. M., “Design, development and deployment of a wireless sensor network for detection of landslides”, **Ad Hoc Networks**, vol:13:2-18 (2014).
 67. Ballı, S., “Melez Zeki Karar Destek Sistemlerinin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi”, Doktora Tezi, **Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir (2010).
 68. Hopgood, A. A., “Intelligent Systems for Engineers and Scientists”. **CRC Press**, New York, 24-76 (2011)
 69. Carbonara, N., Scozzi, B., “Cognitive maps to analyze new product development processes: A case study”, **Technovation**, vol:26:1233-1243 (2006).
 70. Papageorgiou, E.I., Aggelopoluo, K.D., Gemtos, T.A. and Nanos, G.D., “Yield prediction in apples using Fuzzy Cognitive Map learning approach”, **Computers and Electronics in Agriculture**, 91:19-29 (2013).
 71. Kyriakarakos, G., Patlitzianas, K., Damasiotis, M. and Papestefanakis, D., “A Fuzzy Cognitive Maps Decision Support System for Renewables Local Planning”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 39:209-222 (2014).
 72. Papageorgiou, E.I., Markinos, A.T. and Gemtos, T.A., “Fuzzy cognitive map based approach for predicting yield in cotton crop production as a basis for decision support system in precision agriculture application”, **Applied Soft Computing**, 11:3643-3657 (2011).
 73. John, R.I. and Innocent, P.R., “Modeling Uncertainty in Clinical Diagnosis using Fuzzy Logic”, **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part B**, 35(6) (2005).

74. Papageorgiou, E.I., Spyridonos, P.P., Ravazoula, P., Groumpos, P.P. and Nikiforidis, G.N., “Advanced soft computing diagnosis method for tumor grading”, *Artificial Intelligence in Medicine* 36 (1):59–70 (2006).
75. Papageorgiou, E.I., Spyridonos, P.P., Glotsos, D. Th., Ravazoula, P., Nikiforidis, G.N. and Groumpos, P.P. “Brain tumor characterization using the soft computing technique of fuzzy cognitive maps”, *Applied Soft Computing* vol:8:820–828 (2008).
76. Papageorgiou, E.I., Stylios, C. D. and Groumpos, P.P., “An integrated two-level hierarchical decision making system based on fuzzy cognitive maps (FCMs)”, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 50 (12):1326–1339 (2003).
77. Brandon, A. B. and Dawn, G. G., “Advisory systems to Support Decision Making”, *International Handbooks Information System*, 551-527 (2008).
78. Haykin, S. “Neural Network and Learning Machines”, *Perason International Edition* (1993).
79. Cavalcante, M. A., Tavolaro, C.R.C. and Molisani, E., “Physics with Arduino for beginners”, *Revista Brasileira De Ensino De Fisica*, 33(4) (2011).
80. Argent, M. R., Sojda, S. R., Guipponi, C., McIntosh, B., Voinov, A. A. and Maier, H., “Best practices for conceptual modelling in environmental planning and management”, *Environmental Modelling & Software*, 80:113-121 (2016).
81. Mourhir, A., Rachidi, T., Papageorugiou, E., Karim, M. and Alaoui, F. S., “A cognitive map framework to support integrated environmental assessment”, *Environmental Modelling & Software*, 77:81-94 (2016).
82. Gösterit, A., Kekecoğlu, M. and Çıkılı, Y. “Comparison of Some Performance Traits of Yığılca Local Honey Bee with Caucasian and Anatolian Crosses”, *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Agriculture*, 7(1): 107-114 (2012).
83. Rosenkranz, P., Aumeier, P. and Ziegelmann, B. “Biology and control of Varroa destructor”, *Journal of Invertebrate Pathology*, 103: 96–119 (2010).
84. Vanengelsdorp, D., Hayes, J. Jr., Underwood, R.M. and Pettis, J. “A Survey of Honey Bee Colony Losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008”, *PLoS ONE* 3(12): e4071 (2008).
85. Fries, I. “Nosema ceranae in European honey bees (*Apis mellifera*)”. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103: 73–79 (2010).
86. Genersch, E. “American Foulbrood in honeybees and its causative agent *Paenibacillus larvae*”. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103: 10–19 (2010).

87. Pernal, S. "Statement on Honey Bees Losses in Canada Final Revision", **Canadian Association of Professional Apiculturists**, (2008).
88. Underwood, R. and VanEngelsdorp, D. "Colony collapse disorder: Have we seen this before?" **Bee Culture**, 35: 13–18 (2007).
89. Bacandritsos, N, Granato, A, Budge, G, Papanastasiou, I, Roinioti, E, Caldon, M, Falcaro, C, Gallina, A, Mutinelli, F. "Sudden deaths and colony population decline in Greek honey bee colonies", **Journal of Invertebrate Pathology** 105: 335-340 (2010).
90. Southwick, E.E., "Metabolic energy of intact honeybee colonies", **Comparative Biochemistry & Physiology Part A Physiology**, 71(2): 277-281 (1982).
91. Yücel, B. and Köseoğlu, M., "Comparisons of Muğla Ecotype and Italian Cross Honey Bees for Some Performances in Aegean Region (Turkey)", **Journal of the Faculty of Veterinary Medicine**, 17(6): 1025-1029 (2011).
92. Schmehl, D. R., Teal, P. E.A., Frazier, J. L. and Grozinger, C. M., "Genomic analysis of the interaction between pesticide exposure and nutrition in honey bees (*Apis mellifera*)", **Journal of Insect Physiology**, vol:71:177-190 (2014).
93. Rawlings, J. O., Pantula, S. G. and Dickey, D. A., "Uygulamalı Regresyon Analizi", **Nobel Akademik Yayıncılık**, Ankara (2017).
94. Alpar, R., "Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler", **Detay Yayıncılık**, Ankara (2016).
95. Kannappan, A., Tamilarasi, A. and Papageorgiou, E.I., "Analyzing the performance of fuzzy cognitive maps with non-linear hebbian learning algorithm in predicting autistic disorder", **Expert System with Applications**, vol:38:1282-1292 (2011).
96. Papageorgiou, E.I. and Laspidou, C. S., "Application of Fuzzy Cognitive Maps to Water Demand", **FUZZ-IEEE International Conference**, 2-5 August, Istanbul (2015).



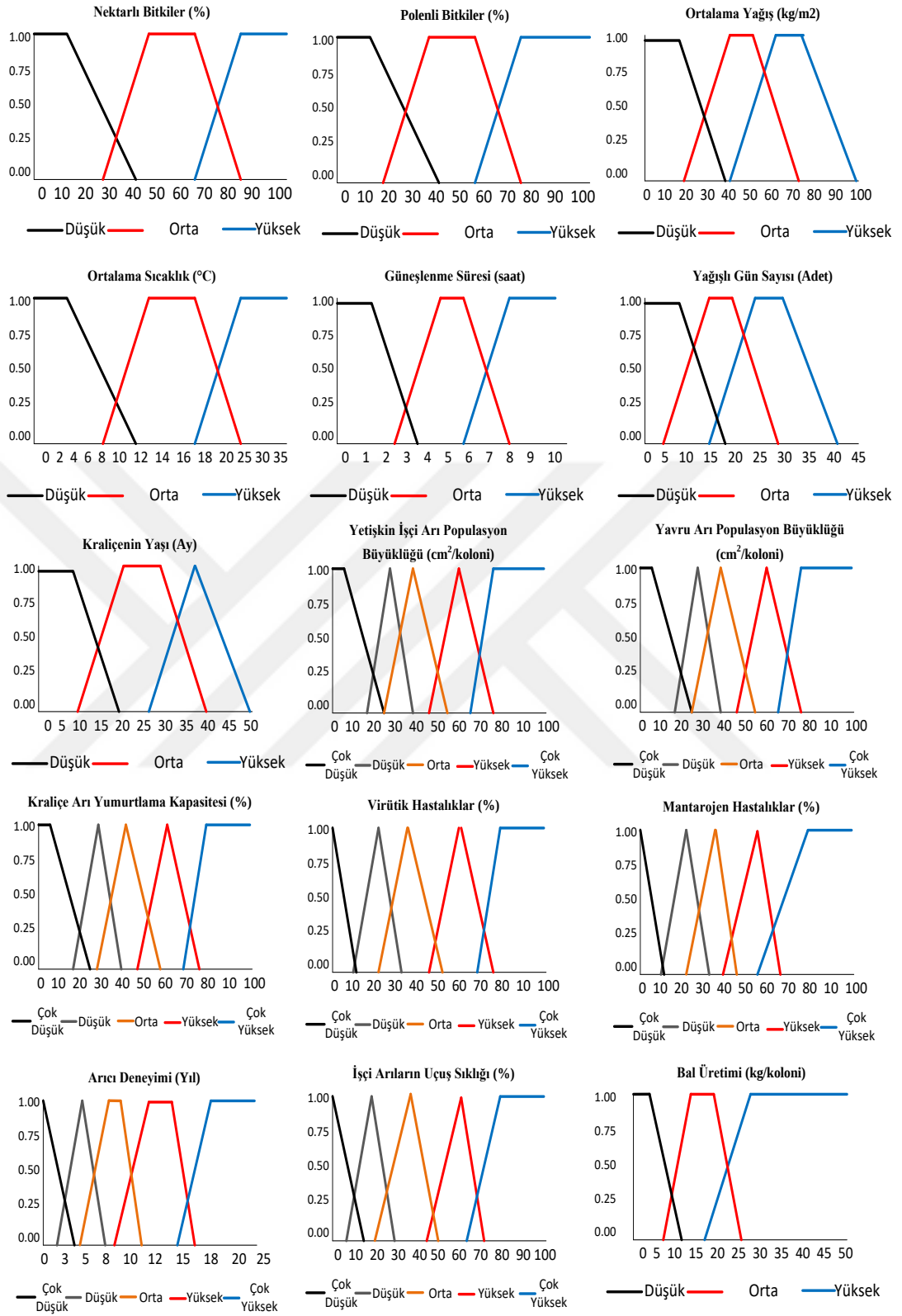
EK AÇIKLAMALAR A.

DENEY MATERYALLERİ

Çizelge Ek A.1. Çoklu doğrusal regresyon için kullanılan veriler.

DisOrtmBesin (Yuzde)	Sicaklik (derece)	YagisliGun (adet)	IsciAri (Yuzde)	KraliceYas (Ay)	Hastalik (yuzde)	y1	y2	y3	y4	Deneyim (yil)	a1	a2	balUretim (kg/koloni)
80	25	5	77	12	5	-1	-1	-1	-1	15	-1	-1	35
77	22	15	60	14	15	1	0	0	0	17	1	0	26
85	20	28	65	16	7	0	1	0	0	12	0	1	32
62	19	35	67	8	4	-1	-1	-1	-1	7	-1	-1	28
67	21	30	73	15	6	0	0	0	1	10	-1	-1	28
60	22	26	71	18	7	1	0	0	0	11	0	1	25
56	24	34	65	17	8	0	1	0	0	15	-1	-1	24
44	15	12	79	20	2	-1	-1	-1	-1	9	1	0	30
90	27	16	81	22	5	0	1	0	0	7	-1	-1	36
87	30	9	90	17	1	0	0	1	0	17	-1	-1	38
42	32	5	90	18	3	0	0	0	1	13	1	0	19
47	31	12	65	15	20	1	0	0	0	20	0	1	9
39	28	18	74	19	25	0	0	1	0	15	-1	-1	11
55	25	16	54	17	30	-1	-1	-1	-1	14	-1	-1	8
18	21	14	62	15	15	0	0	1	0	16	1	0	4
43	20	12	67	13	40	0	0	0	1	18	0	1	6
49	13	20	95	18	15	1	0	0	0	15	-1	-1	12
62	19	12	80	18	10	0	1	0	0	16	1	0	15
68	20	10	29	18	5	-1	-1	-1	-1	25	0	1	12
30	15	17	50	15	10	0	1	0	0	15	1	0	15
35	18	15	65	24	5	1	0	0	0	12	-1	-1	16
41	10	25	60	22	10	1	0	0	0	15	0	1	15
48	11	27	65	20	8	-1	-1	-1	-1	16	-1	-1	16

56	9	36	85	21	7	0	0	1	0	14	1	0	12
66	10	26	72	23	11	0	1	0	0	12	0	1	18
65	12	27	81	24	10	0	0	1	0	3	-1	-1	15
70	9	30	76	28	12	0	0	0	1	15	1	0	10
71	16	25	77	30	28	-1	-1	-1	-1	5	0	1	7
73	18	29	79	29	31	0	0	1	0	14	-1	-1	10
10	20	15	85	25	10	0	1	0	0	15	1	0	6
9	22	16	80	20	5	0	0	1	0	5	0	1	8
18	23	15	67	18	6	-1	-1	-1	-1	4	0	1	9
24	24	16	75	15	8	1	0	0	0	12	-1	-1	11
29	22	10	70	12	10	-1	-1	-1	-1	8	1	0	13
52	20	19	82	15	5	0	0	1	0	3	0	1	15
58	22	9	90	12	20	0	1	0	0	6	-1	-1	16
78	10	25	85	15	10	-1	-1	-1	-1	7	1	0	14
83	12	16	46	15	2	1	0	0	0	9	-1	-1	17
86	19	21	69	16	6	0	0	1	0	21	0	1	20
92	23	12	72	20	9	0	1	0	0	12	0	1	24
94	15	18	81	14	6	-1	-1	-1	-1	19	-1	-1	25
97	26	13	89	12	8	0	0	0	1	15	1	0	40
99	12	29	90	16	12	1	0	0	0	16	0	1	28
86	15	16	10	15	10	-1	-1	-1	-1	10	-1	-1	15
92	18	25	26	18	12	0	0	1	0	16	1	0	18
72	26	15	39	34	5	0	1	0	0	5	0	1	13
65	24	18	48	26	12	-1	-1	-1	-1	8	1	0	15
84	20	10	59	15	10	0	1	0	0	10	0	1	28
64	22	15	45	20	8	0	1	0	0	9	0	1	18
74	19	19	38	18	6	-1	-1	-1	-1	6	-1	-1	15



Şekil Ek A.1. Bulanık bilişsel harita için kavramların üyelik fonksiyonları.

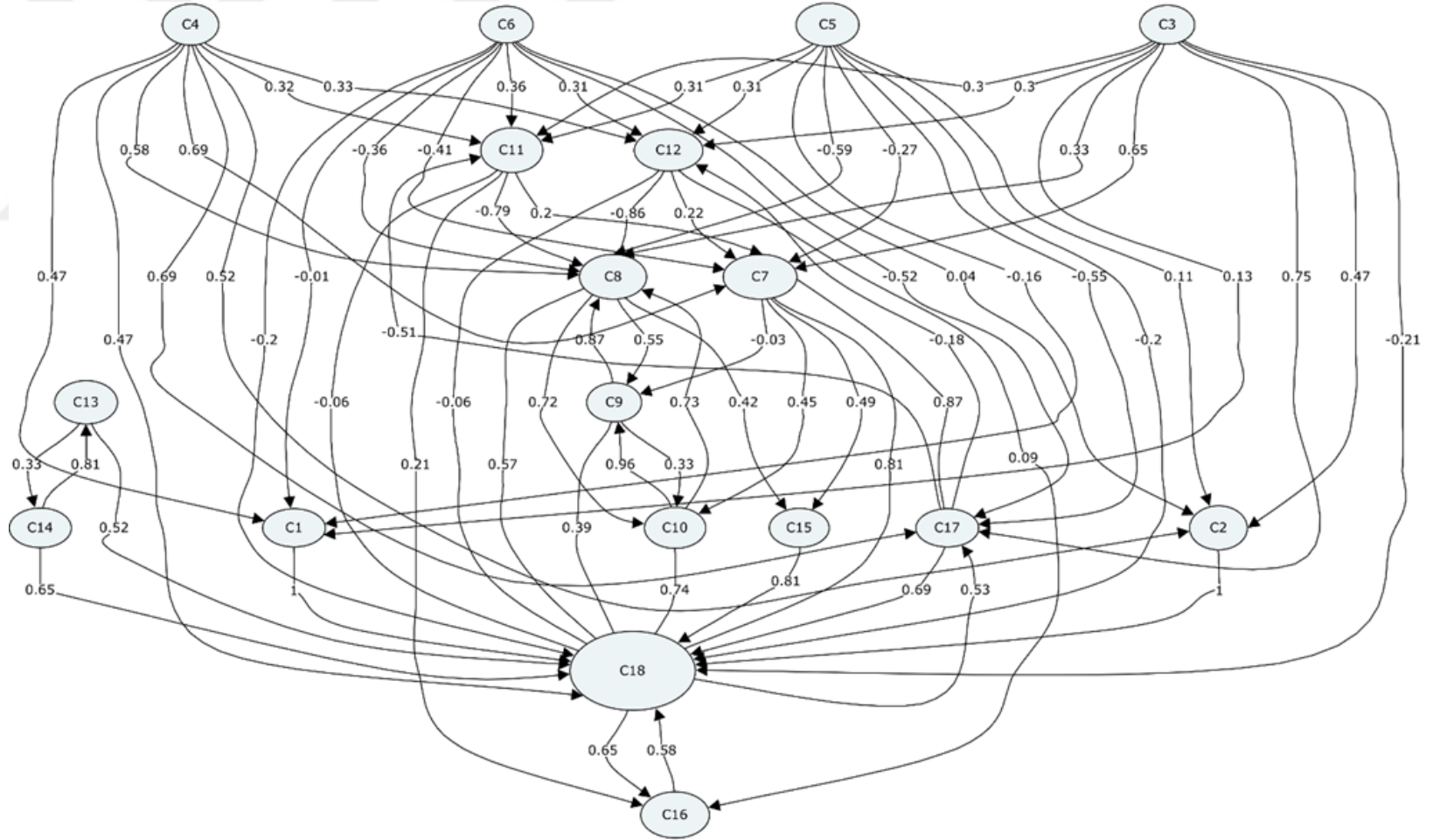
Çizelge Ek A.2. Uzmanlardan birinin ankete verdiği cevaplar.

Etki	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
C1	-	-	PÇ	PÇ	PO	PO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	PÇ	PO	PÇ	PO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	PO	PO	NÇ	NO	-	-	-	-	PA	PO	-	-	-	-	PO	-
C8	-	-	PÇ	PO	NO	NÇ	-	-	PÇ	PO	PO	PA	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	NA	PO	-	PÇ	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	PA	PO	PÇ	-	-	-	-	-	-	-	-	-

C11	-	-	PO	PÇ	PÇÇ	PO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NÇ	-
C12	-	-	PO	PÇÇ	PO	PO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NO	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PÇ	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PO	-	-	-	-	-
C15	-	-	-	-	-	-	PO	PO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PO	PK	-	-	-	-	-	PO
C17	-	-	PO	PO	NA	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PO
C18	PEY	PEY	NÇ	PO	PO	NÇ	PA	PO	PO	PO	NO	NO	PO	PÇ	PO	PÇÇ	PÇ	-

Çizelge Ek A.3. Kavramları arası nedensellik bağlantısını tutan ağırlık matrisi.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
C1	0		0.13	0.47	-0.16	-0.01												
C2		0	0.47	0.52	0.11	0.04												
C3			0															
C4				0														
C5					0													
C6						0												
C7			0.65	0.69	-0.27	-0.41	0				0.2	0.22					0.87	
C8			0.33	0.58	-0.59	-0.36		0	0.87	0.73	-0.79	-0.86						
C9							-0.03	0.55	0	0.96								
C10							0.45	0.72	0.33	0								
C11			0.3	0.32	0.31	0.36					0						-0.51	
C12			0.3	0.33	0.31	0.31						0					-0.18	
C13													0	0.81				
C14													0.33	0				
C15							0.49	0.42							0			
C16											0.21	0.09				0		0.65
C17			0.75	0.69	-0.55	-0.52											0	0.53
C18	1	1	-0.21	0.47	-0.2	-0.2	0.81	0.57	0.39	0.74	-0.06	-0.06	0.52	0.65	0.81	0.58	0.69	0



Şekil Ek A.2. Zeki karar destek sistemi için geliştirilen bulanık bilişsel harita.

EK AÇIKLAMALAR B.

UZMANLARA SORULAN ANKET SORULARI

1. Kovanın yerleştirildiği bölgedeki nektarlı bitkiler bal üretimini ne kadar etkiler?
2. Sıcaklığın nektarlı bitkilere etkisi ne kadardır?
3. Bölgenin yıllık güneşlenme süresinin nektarlı bitkilere etkisi ne kadardır?
4. Bölgenin yağışlı gün sayısının nektarlı bitkilere etkisi ne kadardır?
5. Bölgenin yağış ortalamasının(kg) nektarlı bitkilere etkisi ne kadardır?
6. Kovanın yerleştirildiği bölgedeki polenli bitkiler polen üretimini ne kadar etkiler?
7. Sıcaklığın polenli bitkilere etkisi ne kadardır?
8. Bölgenin güneşlenme süresinin polenli bitkilere etkisi ne kadardır?
9. Bölgenin yağışlı gün sayısının polenli bitkilere etkisi ne kadardır?
10. Bölgenin yağış ortalamasının(kg) polenli bitkilere etkisi ne kadardır?
11. Arıların polen üretiminde yetişkin işçi arı popülasyonunun büyüklüğünün etkisi ne kadardır?
12. Arıların polen üretiminde yavru arı popülasyonunun büyüklüğünün etkisi ne kadardır?
13. Arıların polen üretiminde kraliçe arının yaşının etkisi ne kadardır?
14. Arıların polen üretiminde kraliçe arının yumurtlama kapasitesinin etkisi ne kadardır?
15. Arıların polen üretiminde kovandaki virütik hastalıkların etkisi ne kadardır?
16. Arıların polen üretiminde kovandaki mantarogen hastalıkların etkisi ne kadardır?
17. Arıların polen üretiminde morfolojik ve ekotip özelliklerinin etkisi ne kadardır?
18. Arıların polen üretiminde arı ırkının etkisi ne kadardır?
19. Arıların polen üretiminde arıcının deneyiminin etkisi ne kadardır?
20. Arıların polen üretiminde kovan tipinin etkisi ne kadardır?
21. Arıların polen üretiminde kovandaki işçi arıların uçuş sıklığının etkisi ne kadardır?
22. Arıların bal üretiminde sıcaklığın etkisi ne kadardır?
23. Arıların bal üretiminde yıllık güneşlenme süresinin etkisi ne kadardır?
24. Arıların bal üretiminde yıllık yağışlı gün sayısının etkisi ne kadardır?
25. Arıların bal üretiminde yağış ortalamasının etkisi ne kadardır?

26. Arıların bal üretiminde yetişkin işçi arı popülasyonunun büyüklüğünün etkisi ne kadardır?
27. Arıların bal üretiminde yavru arı popülasyonunun büyüklüğünün etkisi ne kadardır?
28. Arıların bal üretiminde kraliçe arının yaşının etkisi ne kadardır?
29. Arıların bal üretiminde kraliçe arının yumurtlama kapasitesinin etkisi ne kadardır?
30. Arıların bal üretiminde virütik hastalıkların etkisi ne kadardır?
31. Arıların bal üretiminde mantarogen hastalıkların etkisi ne kadardır?
32. Arıların bal üretiminde arıların morfolojik ve ekotip özelliklerinin etkisi ne kadardır?
33. Arıların bal üretiminde arının ırkının etkisi ne kadardır?
34. Arıların bal üretiminde arıcının deneyiminin etkisi ne kadardır?
35. Arıların bal üretiminde kovan tipinin etkisi ne kadardır?
36. Arıların bal üretiminde işçi arıların uçuş sıklığının etkisi ne kadardır?
37. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama sıcaklığın yetişkin işçi arı popülasyonunun büyüklüğüne etkisi ne kadardır?
38. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama sıcaklığın yavru arı popülasyonunun büyüklüğüne etkisi ne kadardır?
39. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama sıcaklığın virütik hastalıklara etkisi ne kadardır?
40. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama sıcaklığın mantarogen hastalıklara etkisi ne kadardır?
41. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama sıcaklığın işçi arıların uçuş sıklığına etkisi ne kadardır?
42. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama güneşlenme süresinin yetişkin işçi arı popülasyonunun büyüklüğüne etkisi ne kadardır?
43. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama güneşlenme süresinin yavru arı popülasyonunun büyüklüğüne etkisi ne kadardır?
44. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama güneşlenme süresinin kovanda virütik hastalık oluşumuna etkisi ne kadardır?
45. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama güneşlenme süresinin kovanda mantarogen hastalık oluşumuna etkisi ne kadardır?

46. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama güneşlenme süresinin işçi arıların uçuş sıklığına etkisi ne kadardır?
47. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama yağışlı gün sayısının yetişkin işçi arı popülasyonunun büyüklüğüne etkisi ne kadardır?
48. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama yağışlı gün sayısının yavru arı popülasyonunun büyüklüğüne etkisi ne kadardır?
49. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama yağışlı gün sayısının kovanda virütik hastalık oluşumuna etkisi ne kadardır?
50. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama yağışlı gün sayısının kovanda mantarogen hastalık oluşumuna etkisi ne kadardır?
51. Arıların bulunduğu bölgedeki ortalama yağışlı gün sayısının işçi arıların uçuş sıklığına etkisi ne kadardır?
52. Arıların bulunduğu bölgedeki yağış ortalamasının yetişkin işçi arı popülasyonunun büyüklüğüne etkisi ne kadardır?
53. Arıların bulunduğu bölgedeki yağış ortalamasının yavru arı popülasyonunun büyüklüğüne etkisi ne kadardır?
54. Arıların bulunduğu bölgedeki yağış ortalamasının kovanda virütik hastalık oluşumuna etkisi ne kadardır?
55. Arıların bulunduğu bölgedeki yağış ortalamasının kovanda mantarogen hastalık oluşumuna etkisi ne kadardır?
56. Arıların bulunduğu bölgedeki yağış ortalamasının işçi arıların uçuş sıklığına etkisi ne kadardır?
57. Kraliçe arının yaşının yetişkin işçi arı popülasyonuna etkisi nedir?
58. Arıcının deneyiminin yetişkin işçi arı popülasyonuna etkisi nedir?
59. Yetişkin işçi arı popülasyonunun büyüklüğünün işçi arıların uçuş sıklığına etkisi nedir?
60. Kraliçe arının yaşının yavru arı popülasyonuna etkisi nedir?
61. Kraliçe arının yumurtlama kapasitesinin yavru arı popülasyonuna etkisi nedir?
62. Kovandaki virütik hastalıkların yavru arı popülasyonuna etkisi nedir?
63. Kovandaki mantarogen hastalıkların yavru arı popülasyonuna etkisi nedir?
64. Arıcının deneyiminin yavru arı popülasyonuna etkisi nedir?
65. Kraliçe arının yaşının yumurtlama kapasitesine etkisi nedir?

66. Kovanın yaşının virütik hastalık oluşumuna etkisi nedir?
67. Virütik hastalık oluşumunun işçi arıların uçuş sıklığına etkisi nedir?
68. Kovanın tipinin virütik hastalık oluşumuna etkisi nedir?
69. Mantarogen hastalık oluşumunun işçi arıların uçuş sıklığına etkisi nedir?
70. Kovanın tipinin mantarogen hastalık oluşumuna etkisi nedir?
71. Arının ırkının arının morfolojik ve ekotip özelliklerine etkisi nedir?
72. Arının morfolojik ve ekotip özelliklerinin balın türüne etkisi nedir?



ÖZGEÇMİŞ

Ahmet ALBAYRAK 1983 yılında Trabzon’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Anadolu Meslek Lisesi Bilgisayar Teknolojileri Bölümü’nden mezun oldu. 2004 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2008 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2010 yılında Sinop Üniversitesi Ayancık Meslek Yüksekokulu’nda Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. 2008 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programını 2011 yılında tamamladı. 2012 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği A.B.D’nda doktora eğitime başladı. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi’nde göreve başladı ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karadeniz Teknik Üniversitesi
Trabzon Meslek Yüksekokulu
KTÜ Akçaabat Yerleşkesi 61030 Akçaabat / Trabzon
Tel : (541) 618 6134
E-posta : ahmetalbayrak@ktu.edu.tr