

JSR C

E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number): 9

Nisan(April) 2025

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS.C

Journal of Scientific Reports-C Sayı(Number) 9 April(Nisan) 2025



Kutahya Dumlupınar University Scientific Reports C
Evliya Celebi Campus Tavşanlı Road 10 KM. 43270 Kutahya
Phone : (0274) 443 19 29 - 30
E-mail : journalsrc@gmail.com
www.gsjsrcc.com

Dumlupınar University Press

gate of
science



Sahibi

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi adına
Prof. Dr. Süleyman KIZILTOPRAK (Rektör)
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü adına
Doç. Dr. Eray ACAR (Enstitü Müdürü)

Owner

On Behalf of Kütahya Dumlupınar University
Prof. Dr. Süleyman KIZILTOPRAK (Rector),
On Behalf of Institute of Graduate Studies
Assoc. Prof. Dr. Eray ACAR (Director)

Yayın Kurulu / Editorial Board

Önder UYSAL
Fatih ŞEN
Oktay ŞAHBAZ
Nevzat BEYAZIT
Onur KARAMAN
Cafer ÖZKUL
Levent URTEKİN
Ümran ERÇETİN
Ceren KARAMAN
Durmuş ÖZDEMİR
Fatih Yavuz ILGIN
Güray KAYA
Pelin Çağım TOKAT BİRGİN
Özlem KAYA
Tayfun ŞENGÜL
Saadet ÇELİKÖZÜ
Mehmet Selçuk ERDOĞAN
Nataliia BALYTSKA
Natalia ZUIEVSKA

Oksana VOVK

Nodor SULASHVILI
Csoknyai TAMAS
Tibor POOS
Saadet ÇELİKÖZÜ
Mehmet Selçuk ERDOĞAN

Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University
Ondokuz Mayıs University
Akdeniz University
Kütahya Dumlupınar University
Ahi Evran University
Kütahya Dumlupınar University
Akdeniz University
Kütahya Dumlupınar University
Erzincan Binali Yıldırım University
Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University
Sivas Cumhuriyet University
Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University
Zhytomyr State Technological University
National Technical University of Ukraine 'Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute'
National Technical University of Ukraine 'Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute'
The University of Georgia
Budapest University of Technology and Economics
Budapest University of Technology and Economics
Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University

Sait ALTUN	Kütahya Dumlupınar University
Sevgi KARACA	Kütahya Dumlupınar University
Ramazan BAYAT	Kütahya Dumlupınar University
Muhammed BEKMEZCİ	Kütahya Dumlupınar University
Ayşenur AYGÜN	Kütahya Dumlupınar University
Safa DÖRTERLER	Kütahya Dumlupınar University
Seyfullah ARSLAN	Kütahya Dumlupınar University
Büşra TUTUMLU	Kütahya Dumlupınar University
Merve ARSLAN	Kütahya Dumlupınar University
Bahadır YÖRÜR	Kütahya Dumlupınar University
Sinem MAVİLER	Kütahya Dumlupınar University
Cemile Nur HEPGÜNEŞ	Kütahya Dumlupınar University
Anıl Orhan GÜRİSOY	Kütahya Dumlupınar University
Nihal Yiğit ERTAŞ	Kütahya Dumlupınar University
Merve PAKSOY	Kütahya Dumlupınar University
Merve AKIN	Kütahya Dumlupınar University
Alper ÖZENGÜL	Kütahya Dumlupınar University
Ebru HALVACI	Kütahya Dumlupınar University
Damla İKBALLI	Kütahya Dumlupınar University

Journal of Scientific Reports-C dergisi, yayın hayatına 2000 yılında başlayan Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisinden ayrılmış olup, Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında olmak üzere yılda düzenli olarak 3 kez yayımlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Derginin yazım dili Türkçe ve İngilizce'dir. Dergiye gönderilen makaleler, editör kurulu tarafından seçilen ve konusunda uzman en az iki hakem tarafından değerlendirilmektedir. Dergiye sunulan bütün makaleler çift-körleme yöntemiyle değerlendirilmektedir. Değerlendirilmek üzere dergimize gönderilen makalelerin, daha önce yayınlanmamış, yayınlanmak üzere kabul edilmemiş ve yayınlanmak için başka bir dergide değerlendirilme sürecinde olmaması gerekmektedir. Dergide yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.

Dergi, fen ve mühendislik bilimlerinde ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan bilimsel çalışmaları bilim insanları ve kamuoyu ile paylaşmayı amaçlar. Dergiye, fen ve mühendislik bilim dallarında yapılan, özgün araştırma makaleleri, derleme makaleleri ve kısa notlar kabul edilir. Özgün araştırma makalelerinin başka dergilerde yayınlanmamış olması, teorik ve deneysel sonuçlar içermesi beklenir. Derleme makalelerinde ise belirli bir konu üzerinde bilimsel, teknolojik ve güncel gelişmelerin geniş bir kaynakça kullanılarak yansıtılması ve bunların doyurucu bir değerlendirilmesinin yapılması aranır. Kısa notlar, özgün bir çalışmanın ilk bulgularının duyurulması amacıyla yönelik hazırlanan kısa yazılar olmalıdır.

İçerik Politikası

Dergimiz açık erişim dergisi olup, makale değerlendirme süresi 1-2 aydır

Yazışma Adresi: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü 43270 KÜTAHYA

Telefon: 0 274 443 19 42

E-posta: joursrc@gmail.com

Faks: 0 274 265 20 60

Web Sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jsrsc>

Journal of Scientific Reports-C was separated from Journal of Science and Technology of Dumlupınar University which started its publication life in 2000 and is a international peer-reviewed journal published regularly third times a year in April, August and December. The language of the journal is Turkish and English. Articles submitted to the journal are evaluated by at least two referees who are experts in the subject and selected by the editorial board. All articles submitted to the journal are evaluated by the double-blind method. Articles submitted to our journal for review should not be previously published, accepted for publication and in the process of being evaluated for publication in another journal. All responsibility for the articles published in the journal belongs to the author(s).

The journal aims to share scientific studies carried out in the fields of science and engineering at national and international level with scientists and the public. Original research articles, review articles and short notes in science and engineering disciplines are accepted for the journal. Original research articles are expected to contain theoretical and experimental results and should not be published in other journals. In the review articles, it is expected that scientific, technological and current developments on a specific subject are reflected by using an extensive bibliography and made a satisfying evaluation of these. Short notes should be brief writings prepared to announce the first findings of an original study.

Editorial Policy

The journal is open access and the article evaluation period is between 1-2 months.

Correspondence Address: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi Fen Bilimleri Enstitüsü
43270 KÜTAHYA

Phone: 0 274 443 19 42

E-mail: joursrc@gmail.com

Fax: 0 274 265 20 60

Webpage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrc>

Bölüm Editörleri / Section Editors

Civil Engineering/ İnşaat Mühendisliği Prof. Dr. M. Çağatay KARABÖRK	Kütahya Dumlupınar University
Mechanical Engineering/ Makine Mühendisliği Prof. Dr. Ramazan KÖSE	Kütahya Dumlupınar University
Electrical-Electronics Engineering/ Elektrik Elektronik Mühendisliği Assist. Prof. Kadir VARDAR	Kütahya Dumlupınar University
Computer Engineering/ Bilgisayar Mühendisliği Assoc. Prof. Doğan AYDIN	Kütahya Dumlupınar University
Industrial Engineering/ Endüstri Mühendisliği Assist. Prof. Üyesi Kerem CİDDİ	Kütahya Dumlupınar University
Mining Engineering/ Maden Mühendisliği Assist. Prof. Uğur DEMİR	Kütahya Dumlupınar University
Geology Engineering/ Jeoloji Mühendisliği Assist. Prof. Muzaffer ÖZBURAN	Kütahya Dumlupınar University
Metallurgical and Materials Engineering/ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Prof. Dr. İskender IŞIK	Kütahya Dumlupınar University
Food Engineering/ Gıda Mühendisliği Prof. Dr. Muhammet DÖNMEZ	Kütahya Dumlupınar University
Environmental Engineering/ Çevre Mühendisliği Doç. Dr. Nevzat BEYAZIT	Ondokuz Mayıs University
Mathematics/ Matematik Assist. Prof. Cansu KESKİN	Kütahya Dumlupınar University
Physics/ Fizik Assoc. Prof. Huriye Sanem AYDOĞU	Kütahya Dumlupınar University
Chemistry/ Kimya Assoc. Prof. Bülent ZEYBEK	Kütahya Dumlupınar University
Biology/ Biyoloji Assist. Prof. Nüket Akalın BİNGÖL	Kütahya Dumlupınar University
Biochemistry/ Biyokimya Assoc. Prof. Derya KOYUNCU ZEYBEK	Kütahya Dumlupınar University
Occupational Health and Safety/ İş Sağlığı ve Güvenliği Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT	Kütahya Dumlupınar University
Software Engineering/ Yazılım Mühendisliği Assist. Prof. Şerif Ali SADIK	Kütahya Dumlupınar University

Danışma Kurulu / Advisory Board

Şükrü ASLAN	Sivas Cumhuriyet University/ Turkey
Erdal ÇELİK	Ankara Yıldırım Beyazıt University/ Turkey
Cemal PARLAK	Ege University/ Turkey
Muhammet DÖNMEZ	Kütahya Dumlupınar University/ Turkey
İhsan ÖZKAN	Konya Technical University/ Turkey
Ercan ARPAZ	Kocaeli University/ Turkey
Yavuz GÜL	Sivas Cumhuriyet University/ Turkey
Ataç BAŞÇETİN	İstanbul Technical University/ Turkey
Taner ERDOĞAN	Kocaeli University/ Turkey
Derek ABBOTT	University of Adelaide/ Australia
Kristian ALMSTRUP	Copenhagen University Hospital/ Denmark
Josette Camilleri	University of Birmingham/ UK
Yan-Ru LOU	Fudan University/ China
Ken HAENEN	Hasselt University/ Belgium
Fanming JIN	Shanghai Jiao Tong University/ China
Suneel KODAMBAKA	Florida International University/ USA
Hyoyoung LEE	Sungkyunkwan University/ Republic of Korea
Vinod TIWARI	Banaras Hindu University/ India
Sabine WURMEHL	Leibniz Institute/ Germany
Kai XIAO	Oak Ridge National Laboratory/ USA
Shahid ADEEL	Government College University/ Pakistan
J. Marty ANDERIES	Arizona State University/ USA
Ayaga BAWAH	University of Ghana/ Ghana
Lilong CHAI	University of Georgia/ USA
Idiano D'ADAMO	Sapienza University of Rome/ Italy
Sanjit DEB	Texas Tech University/ USA
Caroline HACHEM-VERMETTE	University of Calgary/ Canada
Marlia Mohd HANAFIAH	The National University of Malaysia/ Malaysia
Nick HOLDEN	University College Dublin/ Ireland
Chang-Wei HU	Sichuan University/ China
Masashi KATO	Nagoya University/ Japan
Tafadzwanashe MABHAUDHI	University of KwaZulu-Natal/ South Africa
Mubarak MUJAWAR	Universiti Teknologi Brunei/ Brunei
Nidhi NAGABHATLA	United Nations University CRIS/ Belgium
Gunnar SEIDE	Maastricht University/ Netherlands
Jonathan Wong	Hong Kong Baptist University/ Hong Kong
Yenchun Jim WU	National Waiwan Normal University/ Taiwan
Jie ZHUANG	University of Tennessee/ USA

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS-C

E-ISSN: 2717-8633

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- Kütahya Şehir Merkezindeki Zeminlerin Yapay Sinir Ağı ile Sınıflandırılmasına Dair Ön Çalışma*** 1-8
Preliminary Approach to Artificial Neural Network Based Soil Classification in Kutahya City Centre
Ersel GÖZ*, Yunus Emre YAĞAN, Ali Samet ÖNGEN
- Büyük Ölçekli E-Ticaret Web Trafik Analizi: Kullanıcı Etkileşimlerinin Değerlendirilmesi*** 9-27
Large-Scale E-Commerce Web Traffic Analysis: Evaluating User Interactions
Halil İbrahim ÇİT, Emre ŞATIR*

DERLEME MAKALELERİ / REVIEW ARTICLES

- Bee Diseases and Treatment Methods*** 28-53
Arı Hastalıkları ve Tedavi Yöntemleri
Mert GÜL, Ebru HALVACI, Hatice KARS, Teslime KOZAK, Damla İKBALLI, Alper ÖZENGÜL, Fatih ŞEN*



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 9, Nisan(April) 2025

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi(Receive Date): 09.12.2024

Kabul Tarihi(Accepted Date): 06.03.2025

**Kütahya şehir merkezindeki zeminlerin yapay sinir ağı ile sınıflandırılmasına dair
ön çalışma**

Ersel Göz^{a*}, Yunus Emre Yağan^b, Ali Samet Öngen^c

^aKütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya, 43100, Türkiye
ORCID: 0000-0001-7515-2808

^bKütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kütahya, 43100, Türkiye
ORCID: 0000-0002-1523-0306

^c Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya, 43100, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4019-7157

Öz

Zemin sınıflaması, jeoloji ve inşaat mühendisliğinde özellikle jeoteknik projelerde önemli bir konudur. Önceki zemin sınıflandırma çalışmaları, zeminleri tanımlamak için klasik yöntemleri kullanmaktadır. Ancak klasik yöntemler zaman kaybına ve bazen hatalı zemin tanımlamalarına yol açabilmektedir. Bu çalışmada Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanılarak bu sorunu çözmek amaçlanmıştır. Çalışmada Kütahya şehir merkezinden toplanan 72 adet zemin örneğini dört farklı zemin sınıfına ayırmak için sınıflandırıcı bir YSA modeli önerilmiştir. Önerilen YSA, ileri beslemeli üç katmanlı bir örüntü tanıma ve sınıflandırma ağıdır. YSA'nın ilk katmanı girdi katmanı, ikinci katmanı gizli katman ve üçüncü katmanı çıktı katmanıdır. Girdi katmanı, giriş elemanları olarak beş zemin özelliğinden meydana gelmektedir: çakıl, kum, kil+silt, likit limit ve plastisite indisi. Gizli katmanda dokuz nöron bulunmaktadır ve gizli katmandaki nöronlarda tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. YSA çıkışı, zemin örneklerini, düşük plastisiteli kil, yüksek plastisiteli kil, killi kum, killi çakıl olmak üzere dört farklı sınıfa ayırmak için dört elemanlı olarak tasarlanmıştır ve bu nedenle çıkış katmanında dört nöron bulunmaktadır. Çıkış katmanında Softmax aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. Sonuçları değerlendirmek ve analiz etmek için kullanılan Karışıklık Matrislerine göre, önerilen sınıflandırıcı YSA %98,6'lık bir sınıflandırma performansına sahiptir. Bu sonuç, önerilen sınıflandırıcı YSA'nın zeminleri tanımlamada kullanışlı olduğunu ve kentsel alanlarda planlama ve geliştirme için değerli bilgiler verdiğini göstermektedir.

© 2023 DPU All rights reserved.

Anahtar Kelimeler: Kütahya; makine öğrenmesi; yapay sinir ağları; zemin sınıflama.

Preliminary approach to artificial neural network based soil classification in Kutahya city centre

Abstract

Soil classification is an important subject of geology, and civil engineering, especially in geotechnical projects. Previous soil classification studies have classical methods to identifying soils. However, these classical methods can be very time-consuming and sometimes lead to erroneous definitions of soils. Here, we aim to solve this problem for using Artificial Neural Networks (ANN). In this study, a classifier ANN model is proposed for classifying seventy-two soil samples collected from the city center of Kutahya into four different soil classes. The proposed ANN is a feed-forward three-layer pattern recognition and classification network. The first layer of the ANN is the input layer, the second layer is the hidden layer, and the third layer is the output layer. The input layer consists of five soil properties as input elements: gravel, sand, clay+silt, liquid limit and plasticity index. There are nine neurons in the hidden layer, and tangent hyperbolic activation functions are used in the neurons in the hidden layer. The output of the ANN is designed with four elements to classify the soil samples into four different classes: low plasticity clay, high plasticity clay, clayey sand, clayey gravel, and therefore four neurons are in the output layer. Softmax activation functions are used in the output layer. According to the Confusion Matrices used to evaluate and analyze the results, the proposed classifier ANN has a classification performance of 98.6%. This shows that the proposed classifier ANN is useful at identification of soils, and gives valuable information to the planning and development in urban areas.

© 2023 DPU All rights reserved.

Anahtar Kelimeler: Kütahya; machine learning; artificial neural networks; soil classification.

* Corresponding author. Tel.: +90-274-443-4365

E-mail address: ersel.goz@dpu.edu.tr

1. Giriş

Zemin sınıflaması, özellikle bina, köprü, otoyol, baraj gibi mühendislik projelerinin inşasından önce, ilgili projelerde karar alınmasını sağlayan en temel unsurlardan biri olup farklı ortamlarda ve gerilme koşullarında zemin davranışının tahmin edilmesi ve jeoteknik risklerin değerlendirilmesi için önemli veriler sağlamaktadır. Zemin sınıflamasına yönelik geleneksel yaklaşımlar, uzun süreç gerektiren ve yüksek maliyetli işlemlerdir. Günümüzde bilişim alanındaki gelişim ve değişimler ile birlikte daha hızlı ve etkin zemin sınıflaması için araştırmacılar Makine Öğrenmesi yaklaşımına yönelmişlerdir.

Bir makine öğrenmesi modeli olan Yapay Sinir Ağları (YSA), zemin verilerinin doğasında olabilecek değişkenlik ve bağımlılıkları yönetmede ve zemin veri kümelerindeki karmaşık, doğrusal olmayan ilişkileri yakalamada yüksek performans göstermektedir. Üç katmanlı İleri Beslemeli YSA'lar, hesaplama hızı ve tahmin hassasiyeti açısından önemlidir. Bu yapının, genel zemin sınıflamasında nasıl performans gösterdiğine dair bazı çalışmalar yürütülmüştür. Örneğin [1] tane boyu dağılımı ve su içeriğine dayalı olarak zemin türlerini tahmin etmek için üç katmanlı YSA'yı kullanmıştır. Çalışmadaki YSA'nın performansı lojistik regresyon modellerinden çok daha yüksektir. Ayrıca yine literatürde yer alan çalışmalarda [2], zeminlerin sınıflandırılmasında üç katmanlı YSA'ların etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Daha güçlü karşılaştırmaların yapıldığı bir çalışmada [3], zemin sınıflandırması için güvenilecek tek bir makine öğrenmesi aracı seçilmesi gerekiyorsa, bunun üç katmanlı YSA olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca [4], mineralojik bileşim ve farklı fiziksel özelliklere sahip karmaşık jeolojik ortamlarda zemin türünün tanımlanmasında üç katmanlı YSA kullanmıştır. Bunun yanı sıra, YSA'lar zemin özelliklerinin tahmini için de uygulanmıştır. [5], kentsel arazi kullanımında zeminin hidrolik özelliklerini modellemek için üç katmanlı YSA'ları kullanırken, [6] ve [7]'de YSA'lar sırasıyla toprak erozyonu ve kuraklık riskinin modellenmesi için kullanılmıştır.

YSA'lar doğru bir zemin sınıflaması yapmak için çeşitli veri artırma teknikleri kullanan [8] tarafından belirtildiği gibi, özellikle verilerin az olduğu durumlarda son derece kullanışlıdır. Sınıflandırmanın doğruluğu, YSA'yı genetik algoritmalar [9] ve bulanık mantık [10] gibi diğer yaklaşımlarla entegre eden hibrit modellerle daha da geliştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, Kütahya şehir merkezindeki zeminlerin sınıflandırılmasında üç katmanlı YSA modeli kullanılarak, zemin sınıfını pratik bir şekilde sağlayacak verimli bir analiz yöntemine ulaşılmasıdır. Ayrıca çalışmamızda ileri beslemeli üç katmanlı YSA'ların, zemin sınıflandırması için etkinliği, geleneksel yöntemlere göre hızı, doğruluğu ve verimliliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve metod

2.1. Çalışma alanın jeolojisi

Çalışma alanında temel kayaç olarak mermer, kristalize kireçtaşı, mikaşıst, metakonglomera, kuvarsit ve fillitten meydana gelen Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar bulunmaktadır [11]. Bu kayaçlar, Mesozoyik yaşlı ofiyolitik seriye ait gabro, serpantin, peridotit tarafından tektonik dokanak ile üstlenmektedir [12]. Bu ofiyolitik seri üstüne uyumsuz olarak Neojen yaşlı volkanik, volkano-tortul kayaçlar ve akarsu-göl çökelleri yer almakta, yine bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı alüvyon gelmektedir. Çalışma alanındaki güncel alüvyon birikiminde Porsuk ve Felent Çayları etkilidir. Kuvaterner alüvyon çeşitli tane boylarından oluşmaktadır ve çalışma alanındaki çeşitli jeolojik birimlerden türemiştir. Kütahya Ovası içerisinde yaygın olarak gözlenen alüvyon birim başlıca olarak çakıl, kum, silt ve kilden meydana gelmektedir. Çakıllar nadiren gözlenmiştir [13]. [14]'e göre Porsuk Çayı havzasında Devlet Su İşleri (DSİ) verilerine göre alüvyon kalınlığı 5-20 m'dir. Çalışma alanının içinde bulunduğu Kütahya Havzası BKB-DGD doğrultusunda uzanan bir çöküntü alanıdır ve güney kenarında Kütahya Fay Zonu tarafından sınırlanmaktadır [15].

2.2. Veri toplama

Çalışma kapsamında Kütahya Merkez ilçesinde yapılan zemin etütlerine ait raporlar incelenmiştir. Makine öğrenmesi ile zemin sınıflandırılmasının yapılabilmesi için, şehir merkezinin farklı bölgelerini temsil eden mahallelerde yapılan zemin etütlerinden elde edilen veriler özetlenmiştir. Toplamda 72 adet sondajdan zemin veri seti elde edilmiştir (Tablo 1). Elde edilen veri seti makine öğrenmesi algoritmasının, zemin türlerini sınıflandırmada etkinliğini değerlendirmek amacı ile eğitimi ve testi için kullanılmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan 72 adet zemin etüt raporundan elde edilen verilerin değişim aralığı.

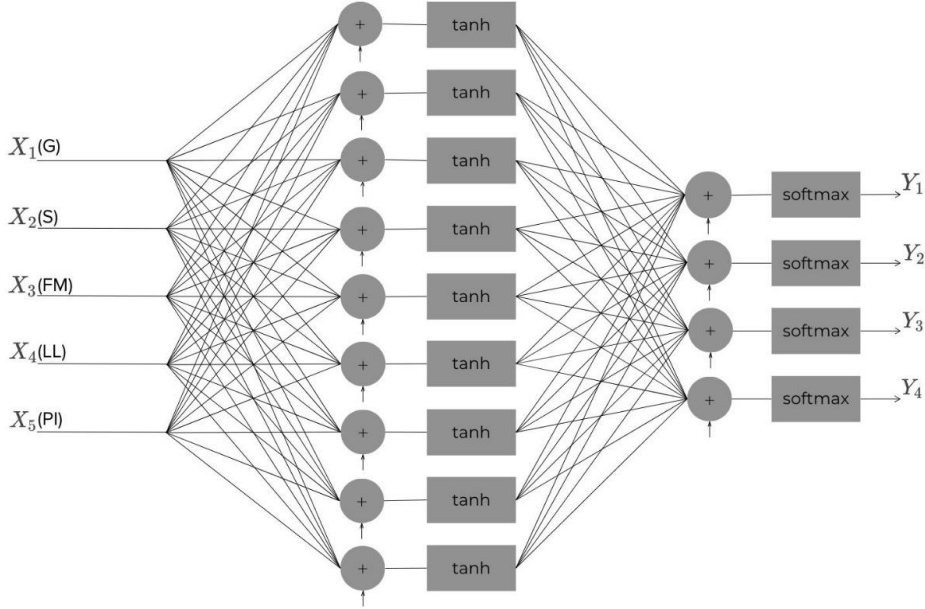
	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt+Kil (%)	Likit Limit, LL (%)	Plastisite İndeksi, PI (%)
Veri aralığı	0-55	1-48	23-99	25-81	12-48

3. Önerilen yapay sinir ağı modeli

Çalışma kapsamında, Kütahya şehir merkezinden toplanan 72 adet zemin örneği verilerini dört sınıfa ayıran bir YSA modeli önerilmektedir. Önerilen örüntü tanıma ve sınıflandırma ağı, Şekil 1'de gösterildiği gibi ileri beslemeli, çok katmanlı YSA yapısındadır. Ağın ilk katmanı girdi katmanı, ikinci katmanı gizli katman ve üçüncü katmanı ise çıktı katmanıdır. Giriş katmanı beş elemandan meydana gelmektedir: çakıl (G), kum (S), kil+silt (FM), likit limit (LL), plastisite indisi (PI). Gizli katmanda dokuz adet nöron bulunmaktadır ve gizli katmandaki nöronlarda tanjant hiperbolik (tanh) aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. YSA çıkış katmanı, zemin örneklerini düşük plastisiteli kil

(CL), yüksek plastisiteli kil (CH), killi kum (SC), killi çakıl (GC) olmak üzere dört farklı sınıfa ayırmak için dört elemanlı olarak tasarlanmıştır. Çıkış katmanında Softmax aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. Tasarlanan YSA'nın gizli katmanında kullanılan nöronların sayısı, gizli katmanda ve çıkış katmanında kullanılan aktivasyon fonksiyonlarının türü deneme yanılma yoluyla belirlenmiştir. YSA'nın çıkış katmanında 4 adet nöron kullanılmasının sebebi ise tasarlanan YSA'nın 4 adet çıkış elemanı üretmesinden kaynaklanmaktadır. YSA çıkışından elde edilen bilgiler, zeminin ait olduğu sınıfı belirlemek için Tablo 2'de gösterildiği gibi kullanılmıştır.

Önerilen sınıflandırıcı YSA'nın eğitimi için 72 adet zemin örneğinden eğitim verileri hazırlanmıştır. YSA eğitim verileri 5x72'lik bir giriş matrisinden ve 4x72'lik bir çıkış matrisinden meydana gelmektedir. Tasarım ve eğitim süreci MATLAB yazılımındaki Neural Network Start grafiksel kullanıcı arayüzü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eğitim, Scaled Conjugate Gradient geri yayılım algoritması kullanılarak yapılmıştır. Ağ eğitimi sırasında veriler üçe ayrılmıştır: %84,722 eğitim verisi (5x61 giriş ve 4x61 çıkış verisi), %5,556 doğrulama verisi (5x4 giriş ve 4x4 çıkış verisi) ve %9,722 test verisi (5x7 giriş ve 4x7 çıkış verisi). Eğitim verileri önerilen ağın eğitimi sırasında kullanırken, doğrulama verileri ise eğitim süreci boyunca ağın genelleme kabiliyetinin devam edip etmediğini denetlemek için kullanılır. Doğrulama süreci eğitim sürecine paralel olarak devam etmektedir ve genellemenin iyileşmesi durduğunda eğitim sürecinin sona ermesini sağlamaktadır. Test verileri ağın eğitimi sırasında kullanılmamakta olup sadece eğitimini tamamlanan ağın önceden görmediği örneklerle test edilmesi için ayrılmıştır.



Şekil 1. Önerilen sınıflandırıcı YSA.

Tablo 2. YSA çıktıları kullanılarak zemin sınıfının belirlenmesi.

Çıkış	CL	CH	SC	GC
Y1	1	0	0	0
Y2	0	1	0	0

Y3	0	0	1	0
Y4	0	0	0	1

4. Analiz sonuçları

Çalışma kapsamında önerilen sınıflandırıcı YSA'nın eğitim performans sonuçları Şekil 2'de sunulmuştur. Şekil 2'de sınıflandırıcı YSA'nın eğitim, doğrulama, test ve toplam veriler için performansını gösteren karışıklık matrisleri yer almaktadır. Bir karışıklık matrisinde köşegeni oluşturan yeşil renkli kutular hedef çıktı ile gerçek çıktının çakıştığı (aynı olduğu) durumları, köşegen dışımda kalan kırmızı renkli kutular ise gerçek çıktının hedef çıktıdan farklılaştığı durumları temsil etmektedir. Hedef çıktı ile gerçek çıktının çakışması, YSA'nın zemin örneğini doğru sınıflandırdığı anlamına gelmektedir. Hedef çıktı ile gerçek çıktı arasındaki fark, YSA'nın zemin örneğini yanlış sınıflandırdığı anlamına gelmektedir.

Şekil 2'deki Eğitim Karışıklık Matrisi incelendiğinde, altmış bir zemin örneğinden oluşan eğitim verileri ile gerçekleştirilen YSA eğitiminin, sadece bir zemin örneğinde yanlış sınıflandırma ile sonuçlandığı görülmektedir. Bu sonuç, sınıflandırıcı YSA'nın Eğitim sürecinin %98,4 başarı oranı ile tamamlandığını göstermektedir. Şekil 2'den Doğrulama Karışıklık Matrisi incelendiğinde, sınıflandırıcı YSA'nın doğrulama ve eğitimin sonlandırılması için kullanılan dört zemin örneğini %100 doğrulukla sınıflandırdığı anlaşılmaktadır. Test Karışıklık Matrisi incelendiğinde ise eğitim ve onaylama süreçleri tamamlanan sınıflandırıcı YSA'nın yedi zemin örneğini %100 doğrulukla sınıflandırdığı görülmektedir. Son olarak, Şekil 2'den Toplam Karışıklık Matrisi incelendiğinde ise sınıflandırıcı YSA'nın tüm veri seti için toplam sınıflandırma performansının %98,6 olduğu sonucu okunmaktadır.



Şekil 2. Önerilen sınıflandırıcı ağın performansı.

5. Sonuç ve öneriler

Araştırmada geliştirilen YSA modeli, Kütahya şehir merkezi zemin örneklerinin sınıflandırılması için beş farklı giriş parametresi kullanmaktadır. Önerilen ağ, içerisinde dokuz adet nöron olan, tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonuna sahip bir adet gizli katman içermektedir. Ağın çıkışı ise zeminin ait olduğu sınıfı gösteren, dört parametreden oluşmaktadır. Ağın çıkış katmanındaki nöronlarda softmax aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. YSA girişleri zemine ait çakıl, kum, kil+silt, likit limit ve plastisite indisi değerleridir. YSA çıkışından elde edilen bilgiler ise zeminin, düşük plastisiteli kil, yüksek plastisiteli kil, killi kum ve killi çakıl sınıflarından hangisine ait olduğunu göstermektedir. Önerilen modelin sınıflandırma performansı, eğitim verileri, doğrulama verileri, test verileri ve toplam verilerden elde edilen karışıklık matrisine göre değerlendirilmiştir. Karışıklık matrisleri incelendiğinde, sınıflandırıcı YSA'nın eğitim, onaylama, test ve tüm veriler için sınıflandırma performanslarının sırasıyla %98.4, %100, %100 ve %98.6 olduğu görülmektedir. Bu sonuç, önerilen sınıflandırıcı YSA'nın zeminleri tanımlamada başarılı olduğunu göstermektedir. [16] tarafından İstanbul Gayrettepe-Havalimanı metro hattında 805 zemin sondajı

verisi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, farklı makine öğrenmesi teknikleri kullanarak (SMOTE, KNN vb.) zemin sınıflandırılması için en uygun modelin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada ise softmax fonksiyonlu 9 nöronlu gizli katman kullanılmıştır. [16] çapraz doğrulama yöntemi ile çeşitli teknikleri kullanmış, bu çalışmada YSA modelinde tek bir yapay sinir ağı kullanılmış ve %98.4 ile %100 arasında değişen doğruluk oranları elde edilmiş, böylelikle oluşturulan YSA modelinin performansı analiz edilmiştir. Bu doğrultuda genelleştirilebilirlik açısından [16] daha kapsamlı bir yaklaşıma sahipken, uygulama başarısı açısından bu çalışma Kütahya ili açısından yüksek doğruluk oranları ile güçlü bir model sunmaktadır. Önerilen modelin kentsel alanların tasarım, planlama ve geliştirme süreçlerine önemli katkısı olacağı düşünülmektedir. Geliştirilen modelin genellenebilirliği için veri sayısının artırılması, daha büyük veri setleri kullanılması, farklı makine öğrenmesi yöntemleri ile kıyaslanması, farklı jeoloji ve zemin koşullarında denenmesi gerekmektedir.

Yazar katkısı

Ersel Göz ve Ali Samet Öngen veri seti oluşturulması, metnin yazılması ve Yunus Emre Yağan MATLAB programında makine öğrenmesi algoritmasını geliştirme ve metin yazımında katkı sunmuşlardır.

Teşekkür

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum çıkar çatışması bulunmamaktadır. Yazarlar, çalışma kapsamında kullanılan verilerin teminini konusunda yardımcı olan Zemin Mühendislik (Kütahya) firması sahibi Oktay SÖNMEZ ve firmanın tüm çalışanlarına, tüm hakemlere ve editörlere teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] J. Shi, B. Li, and X. Hu, "Soil classification using particle size distribution and moisture levels via artificial neural networks," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 36, no. 6, pp. 3235-3247, 2018, doi: 10.1007/s10706-018-0512-1.
- [2] Y. Li, H. Wang, and Q. Zhang, "Application of artificial neural networks in soil texture classification: A case study in China," *Soil Science Society of America Journal*, vol. 84, no. 4, pp. 973-981, 2020, doi: 10.2136/sssaj2019.12.0001.
- [3] A. Elshorbagy, F. Diallo, and D. S. Nash, "Comparison of artificial neural network and support vector machine models for soil classification," *Computers and Geosciences*, vol. 140, pp. 104-119, 2020, doi: 10.1016/j.cageo.2020.104119.
- [4] N. Duc, H. Nguyen, and T. Tran, "Application of artificial neural networks for soil classification in challenging geological settings," *Engineering Geology*, vol. 319, pp. 107-122, 2023, doi: 10.1016/j.enggeo.2023.107122.
- [5] L. M. Nunes, D. M. de Souza, and R. Silva, "Predicting soil hydraulic properties using artificial neural networks for urban planning," *Journal of Hydrology*, vol. 594, pp. 125-132, 2021, doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.125132.
- [6] X. Wu, Y. Zhao, and L. Zhang, "Modeling soil erosion using artificial neural networks," *Catena*, vol. 199, p. 105120, 2021, doi: 10.1016/j.catena.2020.105120.
- [7] S. Singh, K. Thakur, and P. Kumar, "Assessing desertification risk using artificial neural networks," *Arid Land Research and Management*, vol. 34, no. 4, pp. 413-430, 2020, doi: 10.1080/15324982.2020.1729571.
- [8] M. S. Rahman and M. A. Islam, "Soil classification using artificial neural networks in data-scarce rural regions," *Geoderma Regional*, vol. 29, p. e00318, 2022, doi: 10.1016/j.geodrs.2022.e00318.
- [9] W. Zhang, Y. Luo, and H. Chen, "Optimizing soil classification with a genetic algorithm-enhanced neural network model in flood-prone areas," *Soil and Tillage Research*, vol. 231, p. 105703, 2023, doi: 10.1016/j.still.2023.105703.
- [10] G. Kaur, R. Singh, and A. Gupta, "Hybrid neural network model with fuzzy logic for soil classification in arid regions," *Environmental Modelling & Software*, vol. 157, p. 105280, 2023, doi: 10.1016/j.envsoft.2022.105280.
- [11] İ. Temizel, M. Arslan, C. Özkul, M. Özburan, "Kütahya (Batı Anadolu) ve çevresinde yüzeylenen Miyosen yaşlı volkanik kayaların mineral kimyası ve püskürme öncesi kristallenme koşulları," *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 30, no. 4, pp. 564-585, 2024.
- [12] A.I. Okay, "Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitlerin jeolojisi ve mavişist metamorfizması (Tavşanlı-Kütahya)," *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, vol. 24, pp. 85-95, 1981.
- [13] I. Yılmaz, A. Bağcı, "Soil liquefaction susceptibility and hazard mapping in the residential area of Kütahya (Turkey)". *Environ Geol*, vol. 49, 708-719, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-0112-1>.
- [14] M. Özburan, Ö.F. Gürer, "Late Cenozoic polyphase deformation and basin development, Kütahya region, western Turkey". *International Geology Review*, 54(12), 1401-1418, 2012.

- [15] S. Altınok, V. Karabacak, C. Ç. Yalçın, A. N. Bilgen, E. Altunel, N. G. Kıyak, “Kütahya Fay Zonu’nun Holosen Aktivitesi,” *Türkiye Jeoloji Bülteni*, vol. 55, no. 1, pp. 1–17, 2012.
- [16] Aydın, Y., Işıkdag, Ü., Bekdaş, G., Nigdeli, S. M., & Geem, Z. W. (2023). Use of machine learning techniques in soil classification. *Sustainability*, 15(3), 2374. <https://doi.org/10.3390/su15032374>



Contents lists available at *Dergipark*

Journal of Scientific Reports-C

journal homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrc>



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 9, Nisan(April) 2025

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi(Receive Date): 18.03.2025

Kabul Tarihi(Accepted Date): 30.04.2025

Büyük ölçekli e-ticaret web trafiği analizi: kullanıcı etkileşimlerinin değerlendirilmesi

Halil İbrahim Çit^a, Emre Şatır^{b,*}

^a*İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 35620, Türkiye*

^b*İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, 35620, Türkiye*

Öz

E-ticaretin yaygınlaşmasıyla birlikte web trafiğinin analiz edilmesi, işletmeler için önemli bir rekabet avantajı haline gelmiştir. Bu çalışmada, altı aylık bir süreyi kapsayan 35 milyon HTTP isteğinden oluşan büyük ölçekli bir e-ticaret web günlükleri veri seti analiz edilmiştir. Kullanıcı davranışlarını anlamak, en popüler ürünleri belirlemek, ziyaret saatlerini analiz etmek ve yönlendirme kaynaklarını incelemek amacıyla çeşitli veri işleme ve analiz teknikleri uygulanmıştır. Zaman serisi analizleri ve makine öğrenmesine dayalı yöntemler kullanılarak kullanıcı segmentasyonu gerçekleştirilmiş ve kullanıcıların siteyle etkileşim desenleri çıkarılmıştır. Ayrıca, veri gizliliğini korumak için anonimleştirme ve maskeleyme teknikleri kullanılmıştır. Bu çalışmanın sunduğu bulgular, e-ticaret sitelerinin kullanıcı deneyimini iyileştirmek, satış stratejilerini optimize etmek ve bot aktivitelerini tespit etmek için kritik içgörüler sağlamaktadır. Ayrıca, geliştirilen analiz yaklaşımı, büyük veri ortamında kullanıcı davranışlarının daha derinlemesine incelenmesine olanak tanımakta ve gelecekte e-ticaret sektöründe veri odaklı karar alma süreçlerine yön verecek yeni metodolojilerin geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır.

© 2023 DPU All rights reserved.

Anahtar Kelimeler: E-ticaret, Web günlüğü analizi, Kullanıcı davranışları, Makine öğrenimi

* Corresponding author. Tel.: +90 555 395 55 58

E-mail address: emre.satir@ikcu.edu.tr

Large-scale e-commerce web traffic analysis: evaluating user interactions

Abstract

With the widespread adoption of e-commerce, analyzing web traffic has become a crucial competitive advantage for businesses. In this study, a large-scale e-commerce web log dataset comprising 35 million HTTP requests over six months was analyzed. Various data processing and analysis techniques were applied to understand user behavior, identify the most popular products, analyze visit times, and examine referral sources. Time series analysis and machine learning methods were employed for user segmentation and interaction pattern extraction. Additionally, anonymization and masking techniques were implemented to ensure data privacy. The findings provide critical insights for enhancing user experience, optimizing sales strategies, and detecting bot activities in e-commerce websites. The analytical approach developed in this study and the obtained findings enable a deeper understanding of user behavior in large-scale data environments, laying the foundation for new methodologies to guide data-driven decision-making in the e-commerce sector.

© 2023 DPU All rights reserved.

Keywords: E-commerce, Web log analysis, User behavior, Machine learning

1. Giriş

İnternet kullanımının artmasıyla ticaret sektörü büyük bir dönüşüm geçirmiş ve geleneksel alışveriş yöntemleri hızla dijital platformlara, yani e-ticarete kaymıştır [1]. Bu dönüşüm, işletmelere ve tüketicilere yeni fırsatlar sunarken, e-ticaret sitelerinin web trafiği analizini kritik hale getirmiştir. Web trafiği analizi, kullanıcı davranışlarını anlamak, pazarlama stratejilerini geliştirmek ve web sitesinin performansını artırmak için büyük önem taşımaktadır.

Kullanıcıların elektronik cihazlar üzerindeki etkileşimleri, günlük kayıtları (loglar) aracılığıyla izlenebilir. Bu günlükler; uygulamalar, işletim sistemleri, e-postalar, web siteleri ve arama motorları gibi çeşitli kaynaklardan toplanabilir [2]. Günlük kayıtlarının analizi; performans izleme, değişikliklerin takibi, erişilebilirlik değerlendirmesi, hata tespiti ve yönetimi, güvenlik sorunlarının belirlenmesi ve kullanıcı memnuniyetinin ölçülmesi gibi çeşitli amaçlarla yapılmaktadır [3].

Bu çalışmada, bir e-ticaret web sitesinin trafiği, sunucu günlükleri kullanılarak analiz edilmiştir. HTTP günlükleri, siteye yapılan tüm istekleri ve bu isteklere verilen yanıtları içeren dosyalardır. Bu veriler, kullanıcıların web sitesiyle nasıl etkileşimde bulunduğunu anlamak için kritik bilgiler sunmaktadır. Veriler temizlenmiş, işlenmiş ve analiz edilerek e-ticaret sitesinin trafiği kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, sitenin en yoğun ziyaret edilen günleri, popüler ürünleri ve ziyaret saatleri belirlenmiştir. Ayrıca, kullanıcıların hangi yönlendirme kaynaklarından geldiği ve sitenin farklı bölümlerine ne sıklıkla eriştikleri tespit edilmiştir. Analiz sonuçları, sitenin kullanıcı deneyimini iyileştirmek, satışları artırmak ve genel performansı yükseltmek için değerli bilgiler sağlamaktadır.

Çalışmanın kapsamı, sunucu günlüklerinin belirlenen kriterler doğrultusunda detaylı bir analizini içermektedir. Bu analiz ile kullanıcıların web sitesinde nasıl etkileşimde bulunduğu, hangi ürünlerin daha fazla ziyaret edildiği ve hangi aramaların yapıldığı gibi bilgiler elde edilmiştir. Ayrıca, kullanıcıların siteyi tekrar ziyaret edip etmedikleri, sitenin hangi diğer sitelerden yönlendirme aldığı gibi veriler de değerlendirilmiştir. Kullanıcı davranışlarını daha derinlemesine analiz etmek ve belirli kriterlere göre kullanıcı verilerini gruplandırmak, çalışmanın önemli bir bileşenidir. Bu gruplandırmaların, farklı kullanıcı türlerinin ihtiyaçlarının ve beklentilerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yapılan analizler, belirli zaman dilimlerinde ilgili web sitesine olan kullanıcı ilgisinin arttığını ve özellikle Mart 2020 sonu itibarıyla giriş sayılarında bir yükseliş yaşandığını ortaya koymuştur. Araştırmada, bot kaynaklı trafik ile gerçek kullanıcı trafiği arasındaki farklar, IP adresi izleme, kullanıcı ajanı incelemesi gibi analitik yöntemlerle tespit

edilmiştir. Giriş sayısının çıkış sayısından fazla olması, kullanıcıların oturumlarını uzun süre açık tutmaları ya da siteyi tamamen terk etmek yerine açık bırakmalarıyla açıklanabilir. Elde edilen veriler web sitesinin kullanıcı sadakatini artırmaya ve küresel erişimini genişletmeye yönelik stratejik öneriler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu öneriler arasında Polonya dışındaki ülkelerde tanıtım çalışmalarının yoğunlaştırılması, çıkış işlemlerinin nedenlerinin analiz edilmesi ve farklı kullanıcı gruplarına özel içerik ve kampanyaların tasarlanması yer almaktadır.

Çalışmanın literatüre katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Uzun vadeli veri seti sunumu: Çalışma, e-ticaret sitelerinden elde edilen ve altı aylık bir süreyi kapsayan uzun vadeli bir HTTP trafik veri seti kullanarak, literatürdeki kısa süreli ve sınırlı veri seti problemlerine bir çözüm sunmaktadır.
- Kapsamlı trafik analizi: 35 milyon HTTP isteğini içeren büyük hacimli veri seti, müşteri davranışları, web bot aktiviteleri ve çevrimiçi mağaza trafiği ile ilgili geniş kapsamlı analizlere olanak tanımaktadır.
- Zaman serisi analizi: Veri seti, farklı dönemleri kapsayarak, çevrimiçi müşteri davranışlarındaki değişimleri inceleme imkânı sunmaktadır.
- Gelecek çalışmalar için kaynak: Çalışma, daha üst düzey yapay zekâ tabanlı kullanıcı davranışı modelleme, bot tespiti ve öneri sistemleri geliştirme için ideal bir veri kaynağı sağlamaktadır.

Bu makale şu şekilde düzenlenmiştir: Giriş bölümünden sonra, 2. bölümde, çalışma ile ilgili literatürde mevcut olan diğer araştırmalara yer verilmekte ve bu çalışmanın diğerlerinde ile olan farkından bahsedilmektedir. 3. bölümde, kullanılan veri seti ve çalışmanın yöntemi açıklanmıştır. 4. bölümde ise analizler sonucunda alınan sonuçlar verilmektedir. 5. bölümde makale, çalışmayla ilgili son sözler, öneriler ve gelecek projeksiyonu ile sonlandırılmaktadır.

2. İlgili çalışmalar

Teknolojik gelişmeler ve internetin yaygınlaşması, internetin günlük yaşamda önemli bir rol oynamasına neden olmuştur. Bu süreç, e-ticaret, reklamcılık, iletişim ve bilgi paylaşımı gibi alanlarda büyük değişiklikler getirmiştir. Web siteleri üzerinden üretilen büyük veri miktarı, bu verilerin analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır. Sunucu günlükleri, web sitelerinin performansını ve kullanıcı davranışlarını anlamak için önemli bir veri kaynağıdır [4]. Literatürde bu kavram, kullanıcılar hakkında davranışsal veri toplamaya yönelik uygun ve basit bir yol, şeklinde ifade edilmektedir.

Sunucu günlükleri, web sitesine yapılan her isteği kaydeden veri dosyalarıdır ve kullanıcıların siteyi nasıl kullandığına dair ayrıntılı bilgiler sağlar. Bu günlüklerin analizi, kullanıcı davranışlarını gözlemleme, sistem performansını izleme ve güvenlik tehditlerini belirleme gibi amaçlarla kullanılır. Örneğin, kullanıcıların hangi sayfalara eriştiği, siteyi hangi noktada terk ettiği ve sayfalarda ne kadar zaman geçirdiği gibi bilgiler, sitenin kullanıcı deneyimini ve performansını değerlendirmek için kritik öneme sahiptir [5].

Log dosyası analizi bir süreçtir ve güvenlik izleme ve performans iyileştirmeleri açısından da kritik bir rol oynar. Bu analiz, sistemlerin güvenliğini sağlamak, potansiyel tehditleri tespit etmek ve sistem performansını optimize etmek için kullanılır. Ayrıca, log kayıtlarının analizi, uyumluluk gereksinimlerini karşılama ve kriz durumlarına yanıt verme gibi önemli yönetim ve güvenlik ihtiyaçlarını destekler [6]. Çeşitli çalışmalar, sunucu günlüklerinin analizinin güvenlik, performans, hata ayıklama ve yasal uyumluluk gibi konularda önemli olduğunu vurgulamaktadır. Bu analizler, web sitelerinin performansını iyileştirmek ve kullanıcı deneyimini artırmak için stratejik kararlar alınmasına olanak sağlar. Ancak, doğru sonuçlar elde etmek için veri kalitesi ve analiz yöntemlerinin dikkatle seçilmesi gerekmektedir [7].

2017 yılındaki çalışmada [8] araştırmacılar, çevrimiçi mağazalarda satın alma olasılığını değerlendirmek için ilişki kurallarını (association rules) kullanmayı amaçlamaktadır. Çalışmada, kullanıcıların alışveriş davranışlarını analiz

etmek ve ürünler arasında gizli ilişkileri ortaya çıkarmak için veri madenciliği (data mining) teknikleri uygulanmıştır. Özellikle, ilişki kuralları algoritması kullanılarak, farklı ürünlerin birlikte satın alınma olasılıkları değerlendirilmiştir. Araştırma, bu yaklaşımın çevrimiçi mağazaların ürün öneri sistemlerini iyileştirmede ve müşteri memnuniyetini artırmada etkili olduğunu göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, satın alma olasılığını tahmin etme ve kişiselleştirilmiş pazarlama stratejileri geliştirme açısından değerli bulgular sunmaktadır.

2018 yılındaki bir çalışmada [9] ise araştırmacılar, web mağazalarındaki kullanıcı profillerini keşfetmek amacıyla Bilgi Darboğazı (Information Bottleneck) yöntemini uygulamayı hedeflemiştir. Çalışmada, kullanıcı davranışlarını analiz ederek onları belirli gruplara ayırmak ve anlamlı profiller oluşturmak için veri madenciliği ve makine öğrenimi tekniklerinden faydalanılmıştır. Bu yöntem, kullanıcıların gezinme ve satın alma alışkanlıklarını temel alarak bilgi yoğunluklarını optimize etmeyi sağlamıştır. Araştırmanın sonuçları, kişiselleştirilmiş pazarlama stratejilerinin geliştirilmesi ve kullanıcı deneyiminin iyileştirilmesi açısından değerli içgörüler sunmuş, web mağazalarının müşteri odaklı stratejiler geliştirmesine katkı sağlamıştır.

Rovetta ve arkadaşları ise 2020 yılındaki çalışmalarında [10], web mağazalarındaki bot aktivitelerini tespit etmek için denetimsiz öğrenme (unsupervised learning) tabanlı bir yaklaşım geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, bot ve insan kullanıcı davranışlarını ayırt etmek için veri kümesi özelliklerini analiz eden bir model tasarlanmıştır. Denetimsiz öğrenme algoritmaları, özellikle alışılmadık veya şüpheli davranış kalıplarını tespit etmek için kullanılmıştır. Araştırma, yöntemin botların belirlenmesinde yüksek doğruluk sağladığını ve web mağazalarında güvenliği artırma ve kaynakların kötüye kullanımını önleme konularında etkili olduğunu göstermiştir.

2020 yılındaki çalışmada [11] Bilgi Darboğazı yöntemi araştırmacılar tarafından bu sefer farklı trafik profillerine sahip gerçek web kullanıcılarını ve botları ayırt etmek için kullanılmıştır. Çalışmada, web trafiği verileri analiz edilerek kullanıcı davranışları arasında anlamlı farklılıkları ortaya çıkarmak için bu yöntem uygulanmıştır. Model, kullanıcı profillerini sıkıştırırken önemli bilgileri korumayı başarmış ve bot ile insan kullanıcıların güvenilir bir şekilde sınıflandırılmasını sağlamıştır. Araştırma, özellikle web sitelerindeki güvenlik ve kaynak yönetimini iyileştirme açısından etkili sonuçlar sunmuş ve bu yaklaşımın pratik uygulamalar için uygun olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada, çevrimiçi bir mağazadan elde edilen altı aylık HTTP erişim logları, literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, uzun vadeli müşteri davranışlarını incelemek ve e-ticaret trafiği üzerine kapsamlı bir analiz yapmak amacıyla hazırlanmıştır. Önceki çalışmalar genellikle kısa vadeli verilerle sınırlı kalmış veya belirli trafik profilleri üzerine odaklanmıştır. Bu araştırma, veri setinin hem boyutu (35 milyon kayıt) hem de zaman aralığı (6 ay) itibarıyla literatürdeki veri setlerinden daha kapsamlı bir kaynak sunmaktadır. Ayrıca, veri anonimleştirme ve hassas bilgilerin maskelenmesi gibi teknikler kullanılarak, veri gizliliği ve doğruluğu ön planda tutulmuştur. Bu özellikler, veri setinin yalnızca kullanıcı davranışlarının analizi ve yapay zeka modellerinin geliştirilmesi için değil, aynı zamanda ilgili dönemde web trafiği üzerindeki etkilerin incelenmesi gibi zaman serisi analizi çalışmalarında da kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

3. Kullanılan veri seti ve yöntem

Bu çalışmada, Wrocław Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nden sağlanan, 1 Aralık 2019 - 31 Mayıs 2020 tarihleri arasında kaydedilen toplam 35.157.691 HTTP isteğini içeren veri seti kullanılmıştır [12]. İstatistiksel analizlerde zaman serisi analizlerinden ve çeşitli makine öğrenimi algoritmalarından yararlanılmıştır. Analiz ve modelleme çalışmaları Python programlama dili [13] kullanılarak yapılmıştır. Veri manipülasyonu ve analizi için çeşitli kütüphanelerden faydalanılmıştır. Tüm bu işlemler, Jupyter Notebook ortamında [14] gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan veri seti, ilgili e-ticaret sitesinin HTTP sunucu erişim günlüklerini ve isteklerini içermektedir. Kullanılan veri setinin temel formatı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan veri setinin formatı

Orijinal Sütun Adı	Ip Id	User Id	Time Stamp	Http Method	Uri	Http Version	Response Code	Bytes	Referrer	User Agent
Açıklama	IP adresi	Kullanıcı kimliği	Zaman damgası	HTTP yöntemi	İstenen URI	HTTP sürümü	Yanıt kodu	İletilen veri miktarı	Yönlendirilen site	Kullanıcı ajanı

Veri ön işleme yapılarak hatalı ve eksik kayıtlar temizlenmiş, zaman damgaları standart bir formata dönüştürülmüştür. Analiz sırasında ziyaret sayıları, popüler ürünler ve kullanıcı segmentleri incelenmiştir. Veri seti, Pandas kütüphanesi [15] kullanılarak ilgili kaynaktan yüklenmiştir. Trafik trendleri ve kullanıcı davranışları, grafikler ve tablolarla görselleştirilmiştir. Makine öğrenimi tarafında, Scikit-learn [16] kütüphanesi tercih edilmiştir. Bu analizler, web sitesinin performansını ve kullanıcı deneyimini iyileştirmeyi hedeflemektedir.

Veri setinin bellekte kapladığı alan 2.6 GB'tır. Bu büyüklük ve çeşitlilik, web trafiğini analiz etmek için kapsamlı bir kaynak sağlamaktadır. Yapılan ilk inceleme, veri setinin yapısının, sütunların ve veri tiplerinin veri temizleme ve ön işleme gerektirdiğini göstermiştir. Örneğin "Time Stamp" sütununun "datetime" formatına dönüştürülmesi ve "Ip Id" ile "User Id" sütunlarının uygun veri tiplerine çevrilmesi, analizlerin verimliliğini artıran bir unsurdur. Ayrıca, "User Agent" ve "Referrer" sütunlarının detaylı analizinin yapılmasının, kullanıcı davranışlarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Veri temizleme ve ön işleme ile veri setindeki birçok sütun, kategori veri tipine dönüştürülerek bellek kullanımında önemli bir azalma sağlanmış, veri boyutu 2.6 GB'tan 1.4 GB'a düşürülerek veri işleme ve performansı iyileştirilmiştir.

Yukarıda anlatılanlar dışında, "Time Stamp" sütunu "datetime" formatına çevrildikten sonra, tarih, saat, gün, ay gibi yeni özellikler eklenmiştir. Kullanıcı kimlikleri ve ülke bilgileri de düzenlenmiş, "Ip Id"den "User Id" ve ülke kodlarından "Country Name" bilgisi oluşturulmuştur. "Uri" sütunundan kategori, ürün ID'si, ödeme durumu, giriş ve çıkış bilgileri çıkarılmış, arama terimleri ve "Referrer" sütununda yönlendiren sitenin alan adı elde edilmiştir. "User Agent" sütunundan tarayıcı, işletim sistemi ve bot bilgileri çıkarılmıştır. Gereksiz ve tekrarlı veriler temizlenmiş, böylece bellek kullanımı optimize edilmiştir.

Zaman serisi analizi [17], web trafiğinin zaman içindeki değişimlerini anlamak için temel bir yöntemlerden biridir. Web trafiği, belirli dönemlerde ve mevsimlerde farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle zaman serisi analizi yöntemleri, trendleri ve diğer zamanla değişen faktörleri belirlemek için kullanılmaktadır.

Makine öğrenimi, web trafiği verilerinin daha karmaşık analizlerini gerçekleştirmek için kullanılan bir diğer önemli araçtır. Bu algoritmalar, büyük veri kümelerindeki gizli desenleri tanımlamak, kullanıcı davranışlarını sınıflandırmak ve gelecekteki trafiği tahmin etmek için kullanılmaktadır. Örneğin, k-ortalama (k-means) [18] kümeleme algoritması, web trafiğinin farklı segmentlerini belirlemek için kullanılabilir.

Bu analizler, web sitesi sahiplerine değerli bilgiler sağlamaktadır. Bu bilgiler, trafiği anlama, pazarlama stratejilerini optimize etme, kullanıcı deneyimini geliştirme ve işletmelerin hedeflerine ulaşma konularında yol gösterici olabilmektedir. Ancak, bu analizlerin doğru ve güvenilir sonuçlar üretebilmesi için veri kalitesinin ve analiz yöntemlerinin dikkatlice seçilmesi gerekmektedir.

4. Deneysel sonuçlar

Bu bölümde, web trafiği ve kullanıcı davranışlarını anlamak için yapılan analizlerin sonuçları özetlenmiştir. Trafik eğilimleri, arama sıklıkları, yönlendirmeler ve bot trafiği gibi unsurlar detaylı şekilde incelenmiştir. Kullanıcı türü ve kümeleme analizi ile farklı kullanıcı gruplarının davranışları incelenerek bilgi kazanımının sağlanabildiği bilinmektedir [19]. Bu kullanıcı davranışları incelenmiş ve pazarlama stratejileri hakkında bilgiler sağlanmıştır. Satın

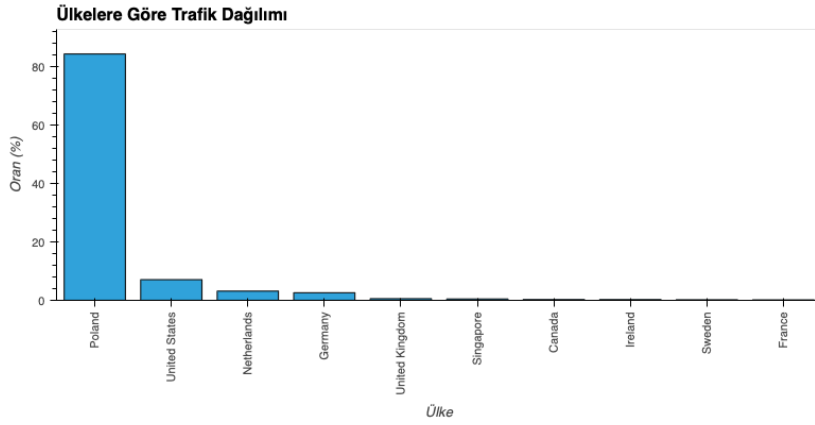
alma davranışları ve trendler, ürünler, kategoriler ve zaman dilimleri açısından değerlendirilmiştir. Bu analizlerin, site performansını ve kullanıcı deneyimini iyileştirmek için önemli veriler sunduğu düşünülmektedir.

4.1. Ülkelere göre trafik dağılımı

Ülkelere göre trafik dağılımı, web sitesine gelen trafiğin hangi ülkelerden geldiğini belirlemektedir.

Tablo 2. Ülkelere göre trafik dağılımı

Ülke	Polonya	ABD	Hollanda	Almanya	Birleşik Krallık	Singapur	Kanada	İrlanda	İsveç	Fransa
Oran (%)	84.29%	7.07%	3.15%	2.60%	0.56%	0.47%	0.26%	0.25%	0.19%	0.16%



Şekil 1. Ülkelere göre trafik dağılımı grafiği

Tablo 2 ve Şekil 1’de verilen, ülkelere göre trafik dağılımı analizi, web sitesinin trafik kaynaklarını belirlemiştir. Polonya, %84,29 ile en yüksek trafiği sağlarken, ABD %7,07, Hollanda %3,15, Almanya %2,60 ve Birleşik Krallık %0,56 oranlarında trafik sağlamaktadır. Singapur, Kanada, İrlanda, İsveç ve Fransa gibi ülkelere gelen trafik ise %1’in altındadır.

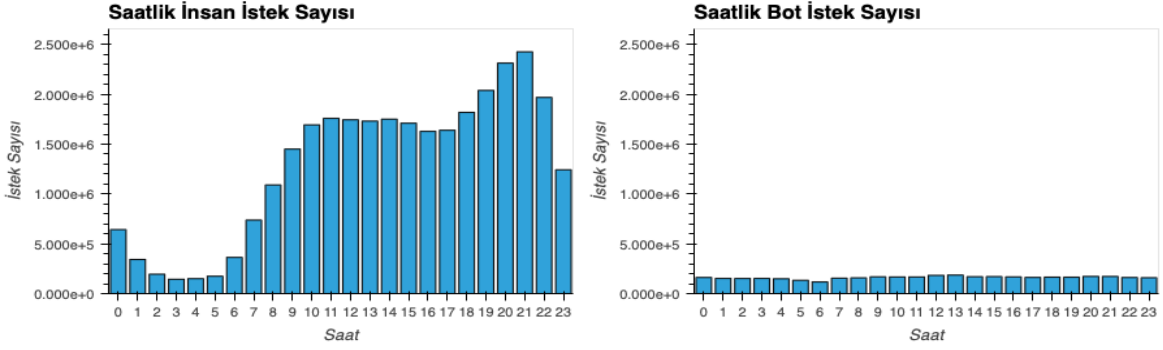
Bu veriler, web sitesinin ağırlıklı olarak Polonya’dan ziyaretçi aldığını ve diğer ülkelere gelen trafiğin düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, Polonya’daki kullanıcı ihtiyaçlarına odaklanmanın yanı sıra, global erişimi artırmak için diğer ülkelerde daha fazla tanıtım yapılmasının gerekliliğini göstermektedir.

4.2. Bot ve insan trafiği karşılaştırması

Bot ve insan trafiği karşılaştırması, web sitesine yapılan isteklerin zaman içerisindeki dağılımını inceleyerek, kullanıcıların ve botların hangi zamanlarda daha aktif olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Saatlik trafik dağılımı

Saat	0	1	2	3	4	5	...	19	20	21	22	23
İnsan Sayısı	642856	342819	194897	144328	150414	174573	...	2039403	2313940	2426759	1969402	1243216
Bot Sayısı	162139	152497	151835	152519	149281	133844	...	164743	172554	172270	161830	159778

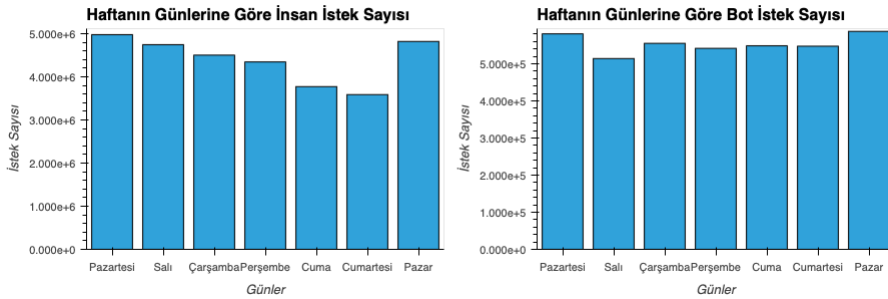


Şekil 2. Saatlik trafik dağılımı grafiği

Tablo 3 ve Şekil 2'deki veriler, insan ve bot trafiğinin saatlik dağılımını göstermektedir. İnsan trafiği gece düşük seviyelerde kalırken, sabah 8'den itibaren artmakta ve akşam 18-22 arasında zirve yapmaktadır. Bu durum, kullanıcıların özellikle akşam saatlerinde siteye olan ilgisinin arttığını göstermektedir. Bot trafiği ise gün boyunca sabit ve düşük seviyelerde seyrederek, düzenli fakat düşük yoğunluklu bir erişimi işaret etmektedir. Bu bulgular, kullanıcıların günlük aktivitelerinin site trafiği üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Haftanın günlerine göre trafik dağılımı

Günler	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar
İnsan İstek Sayısı	4979841	4747457	4505027	4347525	3774416	3589345	4821729
Bot İstek Sayısı	580671	514037	555055	541576	548446	547363	587278

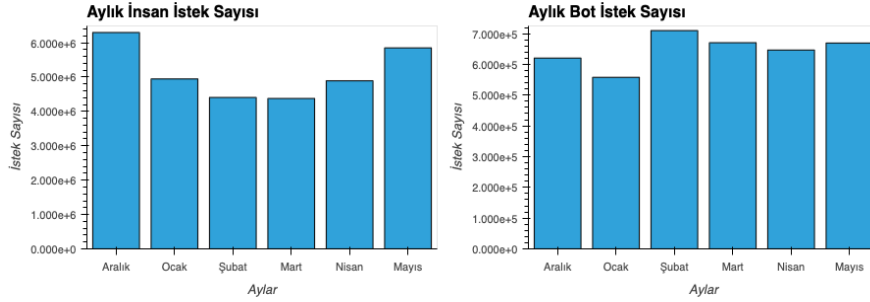


Şekil 3. Haftanın günlerine trafik dağılımı grafiği

Çalışmada, haftanın günlerine göre trafik yoğunluğu da incelenmiştir. Tablo 4 ve Şekil 3'te insan ve bot isteklerinin haftalık dağılımı sunulmaktadır. İnsan trafiği hafta içi günlerde düzenli bir seyir izlerken, Pazar gününden Çarşamba'ya kadar yüksek seviyelerde kalmakta, Cumartesi ise belirgin bir düşüş göstermektedir. Bot trafiği haftalık dalgalanmalardan etkilenmediğinden haftanın her günü benzer seviyelerde kaldığı görülmektedir.

Tablo 5. Aylık trafik dağılımı

Aylar	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
İnsan İstek Sayısı	6296354	4945350	4406398	4376824	4890930	5849487
Bot İstek Sayısı	620450	557860	709791	670407	646563	669355

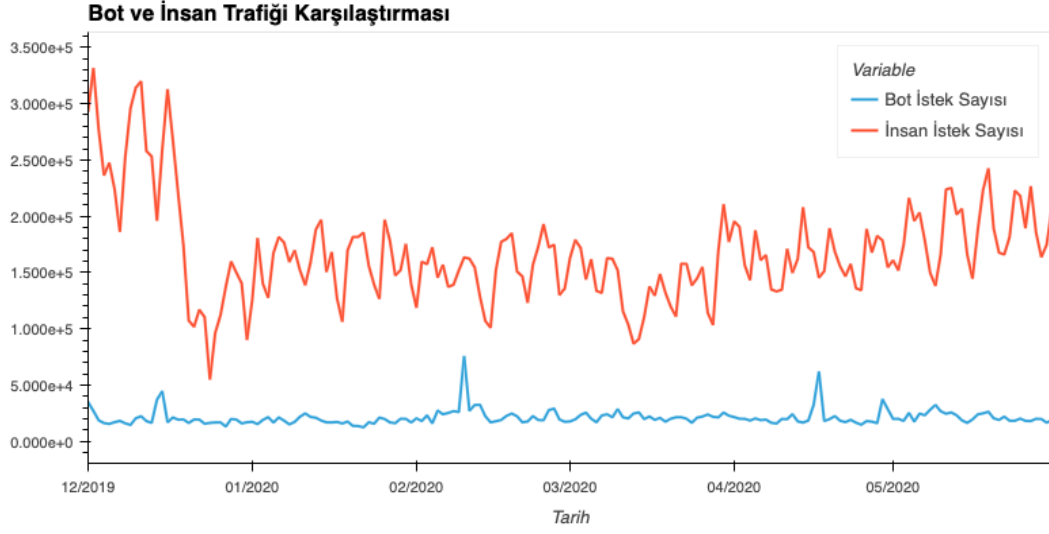


Şekil 4. Aylık trafik dağılımı grafiği.

Tablo 5 ve Şekil 4'te ise, aylık bazda insan ve bot istekleri gösterilmektedir. Verilere göre, bot trafiği yıl boyunca sabit kalmış ve büyük dalgalanmalar göstermemiştir. İnsanlar için ise, Aralık ayında trafik zirve yaparken, Ocak'tan sonra Şubat'ta belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Mart ayında Şubat'takine benzer bir trafik görülürken, Nisan'dan itibaren trafik artmış, Mayıs'ta yüksek seviyelerde kalmıştır. Bu sonuçlar, insan trafiğinin mevsimsel değişikliklere duyarlı, bot trafiğinin ise nispeten düzenli ve sabit olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 6. Bot ve İnsan trafiği karşılaştırması

Tarih	2019-12-01	2019-12-02	2019-12-03	2019-12-04	2019-12-05	2019-12-06	...	2020-05-27	2020-05-28	2020-05-29	2020-05-30	2020-05-31
Bot İstek Sayısı	34864	27021	18692	16233	15525	17032	...	18061	20045	19837	16670	18695
İnsan İstek Sayısı	293228	331691	276669	236339	247458	223953	...	226691	185526	163642	174663	206932



Şekil 5. Bot ve insan trafiği karşılaştırması grafiği

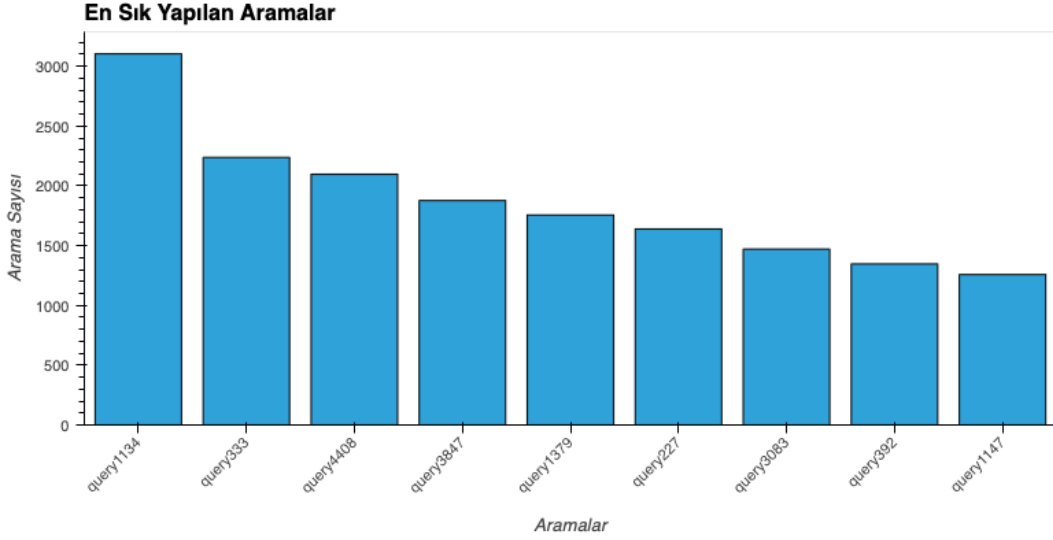
Tablo 6’da bot ve insan trafik karşılaştırması verileri gösterilmektedir. Şekil 5’te bu veriler görselleştirilmiştir. Mavi çizgi bot isteklerini ve kırmızı çizgi ise insan isteklerini temsil etmektedir. Kullanıcı trafiği belirgin bir yoğunluk ve günlük dalgalanmalar gösterirken, bot trafiği genellikle düşük ve sabit seviyelerde kalmaktadır. Kullanıcı trafiğindeki artışlar performans iyileştirmeleri gerektirirken, bot trafiğindeki artışlar güvenlik önlemlerini optimize etmek için önemlidir. Bu karşılaştırma, web sitesinin performansını ve güvenliğini artırmaya yönelik kritik bir analiz sağlamaktadır

4.3. En sık yapılan aramalar

En sık yapılan aramalar, kullanıcıların web sitesinde hangi ürün veya hizmetlere daha fazla ilgi duyduğunu anlamaya yardımcı olmaktadır.

Tablo 7. En sık yapılan aramalar

Aramalar	query1134	query333	query4408	query3847	query1379	query227	query3083	query392	query1147
Arama Sayısı	3104	2238	2097	1877	1756	1639	1471	1347	1258



Şekil 6. En sık yapılan aramalar grafiği

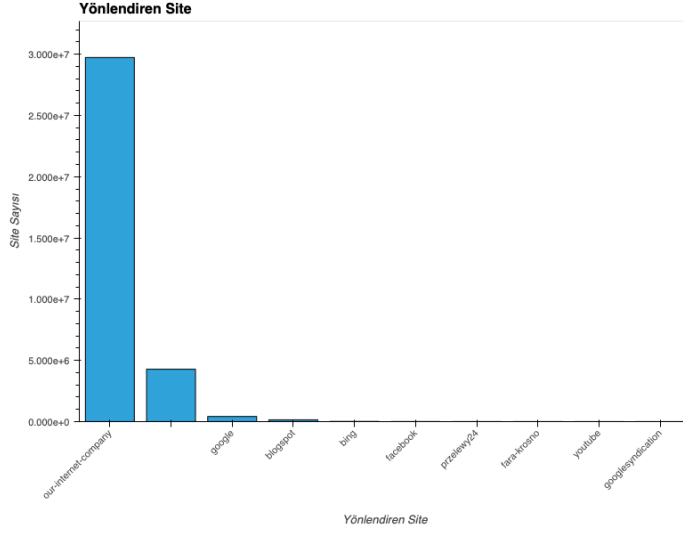
Tablo 7 ve Şekil 6’da bu bilgilere yer verilmektedir. Veri gizliliğini korunması amacıyla, veri setinde “query” olarak maskeleye uygulanmıştır. Sonuçlara göre, “query1134” teriminin en çok aranan terim olduğunu, bunun ardından “query333”, “query4408” ve “query3847” gibi terimlerin sıralandığını göstermektedir. Bu bulgular, kullanıcıların hangi ürün veya hizmetlerle ilgilendiğini belirlemekte ve web sitesi sahiplerine stok yönetimi ve promosyon stratejileri gibi kararlar alırken rehberlik etmektedir. Popüler arama terimleri, kullanıcı taleplerini net bir şekilde yansıtarak, ürün ekleme ve promosyon düzenleme gibi uygulamalarla kullanıcı memnuniyetini ve satışları artırma potansiyeli sunmaktadır. Bu veriler kullanıcı deneyimi geliştirme ve stratejik kararlar almada önemli bir temel oluşturmaktadır.

4.4. Yönlendiren siteler

Yönlendiren siteler, bir web sitesine gelen trafiğin hangi dış kaynaktan geldiğini göstermektedir.

Tablo 8. Yönlendiren sitelerin dağılımı

Yönlendiren Site	our-internet-company	google	blogspot	bing	facebook	przelewy24	fara-krosno	youtube	googlesyndica	
Site Sayısı	29727357	4281314	421733	143701	19225	10039	4662	4345	2252	2206



Şekil 7. Yönlendiren siteler grafiği

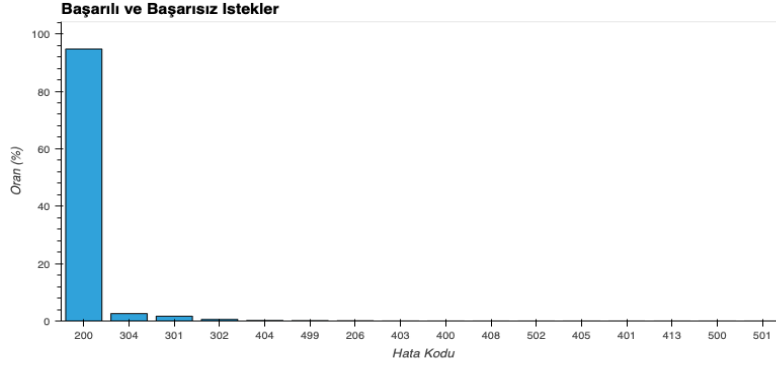
Tablo 8 ve Şekil 7’de yönlendirilen siteler verilerini sunmaktadır. Analize göre, en yüksek yönlendirmeyi sağlayan site “our-internet-company” olup, kullanıcıların site içi dolaşımının yoğun olduğunu göstermektedir. “Google” ise ikinci sırada yer almakta ve siteye önemli ölçüde trafik sağlamaktadır. Diğer yönlendiren siteler (“Blogspot”, “Bing”, “Facebook”, “Przelewy24”, “Fara-Krosno”, “YouTube”, “Google Syndication”) daha düşük yönlendirme sayısına sahiptir. Veriler, bu sitelerden gelen trafiğin sınırlı olduğunu ve web sitesine anlamlı katkı sağlamadığını göstermektedir. Bu bulgular, yüksek yönlendirme sağlayan sitelerle ilişkileri güçlendirmenin, trafik ve satışları artırabileceğini işaret etmektedir. Diğer yönlendiren siteler ise daha düşük yönlendirme sayılarına sahiptir.

4.5. Başarılı ve başarısız istekler

Başarılı ve başarısız istekler, web sitesine yapılan HTTP isteklerinin yanıt kodlarına göre dağılımını incelemektedir.

Tablo 9. Başarılı ve başarısız istekler

Hata Kodu	200	304	301	302	404	499	206	403	400	408	502	405
Oran (%)	94.74%	2.58%	1.68%	0.56%	0.18%	0.14%	0.09%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%



Şekil 8. Başarılı ve başarısız istekler grafiği

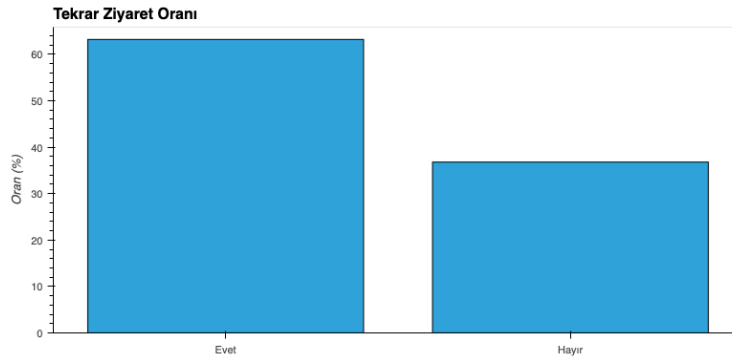
Tablo 9 ve Şekil 8’de HTTP yanıt kodlarının istek oranlarını göstermektedir. %94,74 oranında olan 200 (“OK”) yanıt kodu, web sitesinin kullanıcı taleplerini büyük ölçüde başarıyla karşıladığını ve düzgün çalıştığını göstermektedir. 404 (“Not Found”) ve 499 (“Client Closed Request”) kodları sırasıyla bulunamayan kaynaklar ve kullanıcı kapatma taleplerini işaret eder. %0,18 oranındaki 404 kodu, kırık bağlantılar oranını göstermektedir. Diğer düşük oranlı hata kodları (400, 403, 408, 500, 502) sunucu tarafında ciddi sorunların az olduğunu belirtmektedir. Genel anlamda yüksek olan başarılı istek oranı web sitesinin performansını iyi olduğunu gösterirken, hata kodları iyileştirme alanlarını işaret etmektedir.

4.6. Tekrar ziyaret oranı

Tekrar ziyaret oranı, kullanıcıların bir web sitesine ne sıklıkla geri döndüğünü belirlemek için yapılır. Bu analiz, kullanıcı sadakatini ve web sitesine olan ilgiyi ölçmek için önemli bir göstergedir.

Tablo 10. Tekrar ziyaret oranı

Tekrar Ziyaret	Evet	Hayır
Oran (%)	63.21%	36.79%



Şekil 9. Tekrar ziyaret oranı

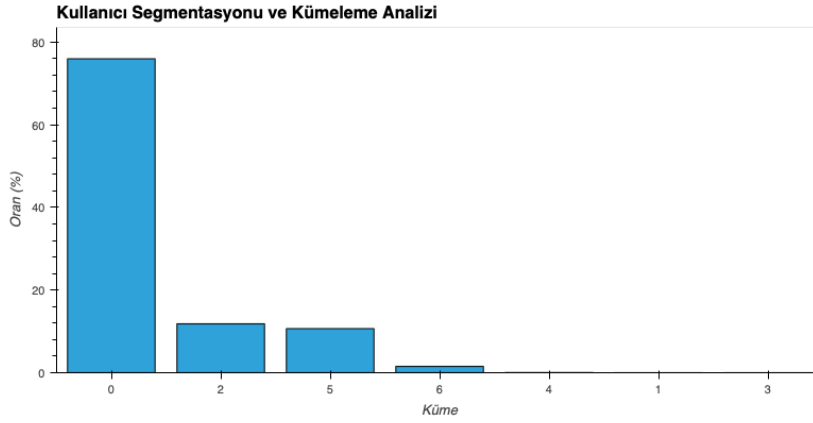
Tablo 10 ve Şekil 9’da tekrar ziyaret eden kullanıcı oranını (%63) ve sadece bir kez ziyaret eden kullanıcı oranını (%37) göstermektedir. Yapılan analiz, kullanıcıların çoğunun siteyi tekrar ziyaret ettiğini ve bu durum da yüksek kullanıcı sadakatini ortaya koymaktadır. Ancak, %37 oranındaki tek seferlik ziyaretler, bazı kullanıcılar için içeriğin çekici veya faydalı olmadığını işaret etmektedir. Bu veriler, kullanıcı deneyimini iyileştirmek ve tekrar ziyaret oranını artırmak için kişiselleştirilmiş içerikler ve kullanıcı dostu deneyimler geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

4.7. Kullanıcı segmentasyonu ve kümeleme analizi

Kullanıcı segmentasyonu ve kümeleme analizi, e-ticaret siteleri için hayati öneme sahip bir analizdir [20]. Analiz, kullanıcıları benzer davranış ve özelliklerine göre gruplandırmayı amaçlamıştır.

Tablo 11. Kullanıcı segmentasyonu ve kümeleme analizi

Küme	0	1	2	3	4	5	6
Oran (%)	75.94%	0.00%	11.82%	0.00%	0.05%	10.66%	1.52%



Şekil 10. Kullanıcı segmentasyonu ve kümeleme analizi grafiği

Tablo 11’de yüzdelik dağılımlarıyla gösterilmektedir. Şekil 10’da k-ortalama algoritmasıyla oluşturulan yedi kullanıcı kümesini ve oranlarını göstermektedir. Küme 0 (%75,94), yüksek etkileşimli büyük bir grubu, Küme 2 (%11,82) ve Küme 5 (%10,66) ise belirli ürünlere odaklanan orta büyüklükteki segmentleri temsil etmektedir. Diğer kümeler (%0,00 - %1,52) düşük etkileşimli küçük gruplardan oluşmaktadır. Bu segmentler, pazarlama stratejileri açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Örneğin analize göre, geniş kampanyalar Küme 0 için, kişiselleştirilmiş teklifler ise Küme 2 ve Küme 5 için önerilebilir.

4.8. İşletim sistemi ve tarayıcı tercihleri analizi

İşletim sistemi ve tarayıcı tercihleri analizi, web sitesinin kullanıcılarının cihaz, işletim sistemi ve yazılımlarını belirleyerek, dijital platformların optimize edilmesine yönelik veriler sunmaktadır.

Tablo 12. İşletim sistemi tercihleri

İşletim Sistemi	Windows	Android	IOS	Mac OS X	Ubuntu	Linux	Windows Phone	Fedora	Other	Chrome OS
İşletim Sistemi Sayıları	14500812	13450559	1857595	626001	110073	96685	44149	36384	30133	8552

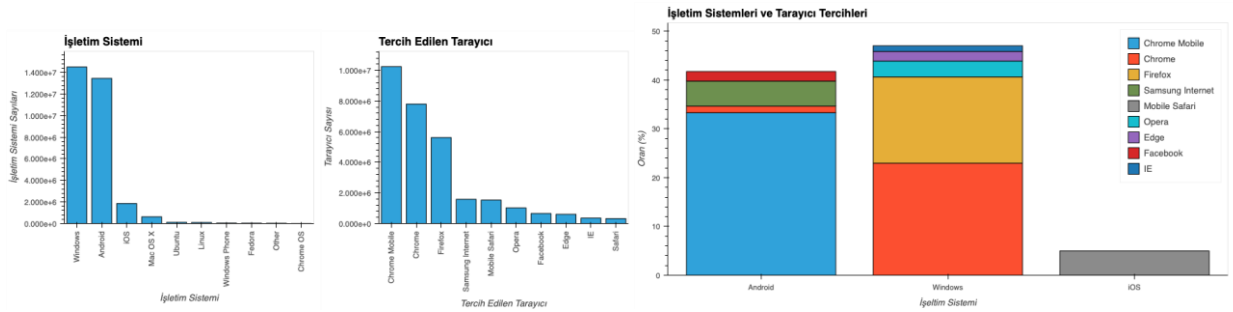
Tablo 13. Tarayıcı tercihleri

Tercih Edilen Tarayıcı	Chrome Mobile	Chrome	Firefox	Samsung Internet	Mobile Safari	Opera	Facebook	Edge	IE	Safari
Tarayıcı Sayısı	10242751	7794618	5610087	1582233	1533863	1023645	658758	605398	357738	323320

Tablo 14. İşletim sistemleri ve tarayıcı tercihleri

İşletim Sistemi	Android				Windows					IOS
Tarayıcı	Chrome Mobile	Samsung Internet	Facebook	Chrome	Chrome	Firefox	Opera	Edge	IE	Mobile Safari
Oran (%)	33.29%	5.13%	1.96%	1.34%	22.96%	17.66%	3.25%	1.97%	1.16%	4.99%

Tablo 12, Tablo 13 ve Tablo 14'te sonuçların gösterildiği verilerden, Windows'un en yüksek oranla tercih edilen işletim sistemi olduğu, ardından Android ve IOS'un geldiği görülmektedir. Mac OS X ve diğer işletim sistemlerinin ise daha düşük oranlarda kullanıldığı anlaşılmaktadır. Tarayıcı tercihlerinde ise, Chrome en çok tercih edilen tarayıcı olurken, bunu Chrome Mobile ve Firefox izlemektedir. Opera ve Edge gibi diğer tarayıcıların ise daha az kullanıldığı görülmektedir. Bu veriler, web sitesinin Windows ve Android kullanıcıları için optimize edilmesi ve Chrome ile Chrome Mobile uyumluluğunun sağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, kullanıcı deneyimini artırabilir ve web sitesinin erişilebilirliğini geliştirebilir.



Şekil 11. Kullanıcıların tercih ettikleri işletim sistemleri ve tarayıcı tercihleri grafiği

Şekil 11'de kullanıcıların tercih ettikleri işletim sistemleri ve bu sistemlerde kullanılan tarayıcıların dağılımı görselleştirilmiştir. Bu grafikler okunarak, kullanıcıların hangi platformları ve tarayıcıları tercih ettiklerini belirlemek mümkündür. Windows kullanıcıları arasında Chrome ve Firefox öne çıkarken, Android kullanıcıların genellikle Chrome Mobile ve Samsung Internet'i, IOS kullanıcıların ise Mobile Safari'yi tercih ettiği anlaşılmaktadır. Bu verilerden yola çıkarak, web sitesinin özellikle Windows, Android ve Chrome için optimize edilmesi gerektiği ve tarayıcı tercihlerine göre platform bazlı iyileştirmeler yapılması gerektiğine kanaat getirilebilir.

4.9. En çok ziyaret edilen ürünler ve kategoriler

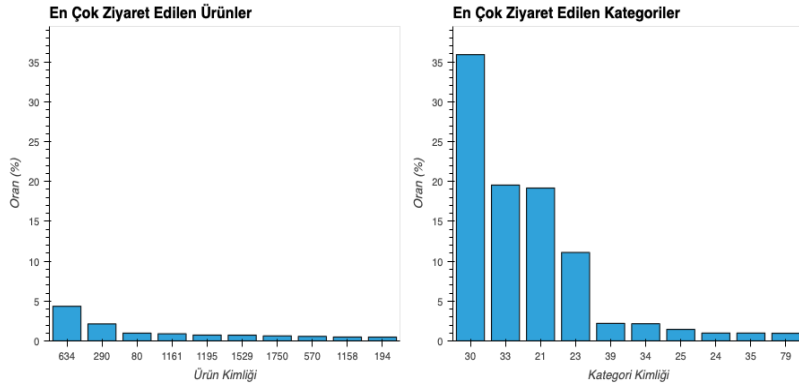
En çok ziyaret edilen ürünler ve kategoriler, kullanıcıların ilgi alanlarını ve satın alma eğilimlerini analiz etmede önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Tablo 15. En çok ziyaret edilen ürünler

Ürün Kimliği	634	290	80	1161	1195	1529	1750	570	1158	194
Oran (%)	4.35%	2.14%	0.98%	0.90%	0.74%	0.72%	0.64%	0.57%	0.49%	0.48%

Tablo 16. En çok ziyaret edilen kategoriler

Kategori Kimliği	30	33	21	23	39	34	25	24	35	79
Oran (%)	35.91%	19.55%	19.18%	11.10%	2.20%	2.16%	1.45%	0.99%	0.99%	0.96%



Şekil 12. En çok ziyaret edilen ürünler ve kategoriler grafiği

Tablo 15'te ürün kimliğine göre ziyaret dağılımlarını, Tablo 16'da ise ürün kategorilerini göstermektedir. Şekil 12'de en çok ziyaret edilen ürün ve kategorileri detaylı olarak görselleştirmektedir. Analiz sonuçlarından, ürün kimliği 634, 290 ve 80 ile kategori 30, 33 ve 21'in yüksek ilgi gördüğü anlaşılmaktadır. Bu veriler, pazarlama stratejilerinin bu ürün ve kategorilere odaklanarak güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

4.10. En çok satılan ürünler ve en popüler kategoriler

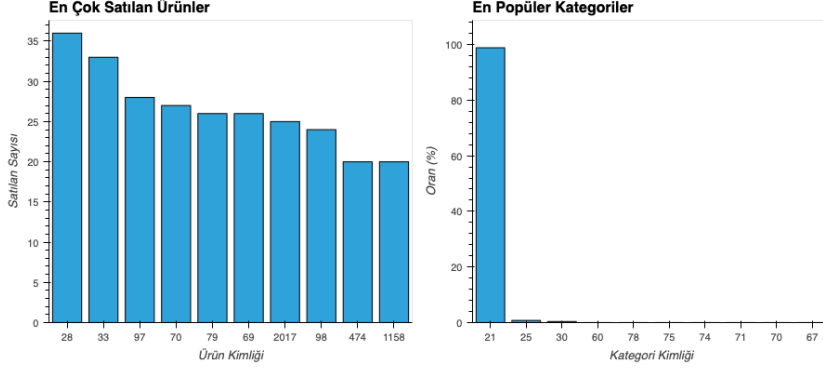
En çok satılan ürünler ve en popüler kategoriler, kullanıcıların ilgi gösterdiği ürün ve kategoriler belirlenerek stratejik planlamanın geliştirilmesi ve stok yönetimi optimizasyonu amaçlamaktadır.

Tablo 17. En Çok Satılan Ürünler

Ürün Kimliği	28	33	97	70	79	69	2017	98	474	1158
Satılan Sayısı	36	33	28	27	26	26	25	24	20	20

Tablo 18. En popüler kategoriler

Kategori Kimliği	21	25	30	60	78	75	74	71	70	67
Oran (%)	98.81%	0.79%	0.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%



Şekil 13. En çok satılan ürünler ve en popüler kategoriler grafiği

Tablo 17 ve Tablo 18’de yapılan analizin, kullanıcı memnuniyetini sağlamak ve ticari başarıyı en yüksek seviyelere çıkarmak için stratejik kararlar alınmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Şekil 13’teki verilere bakılacak olursa, Ürün kimliği 28, 33 ve 97 en yüksek satış oranlarına sahip ürünlerdir, bu da bu ürünlerin kullanıcılar arasında popüler olduğunu göstermektedir. “Category” 21, 25 ve 30’un en çok tercih edilenler olduğu ve bu kategorilerdeki ürünlerin yüksek ilgi gördüğü anlaşılmaktadır. Bu veriler, satış stratejilerini geliştirme ve envanter yönetimi için oldukça değerlidir.

4.11. Haftanın günlerine ve aylara göre satın alımlar

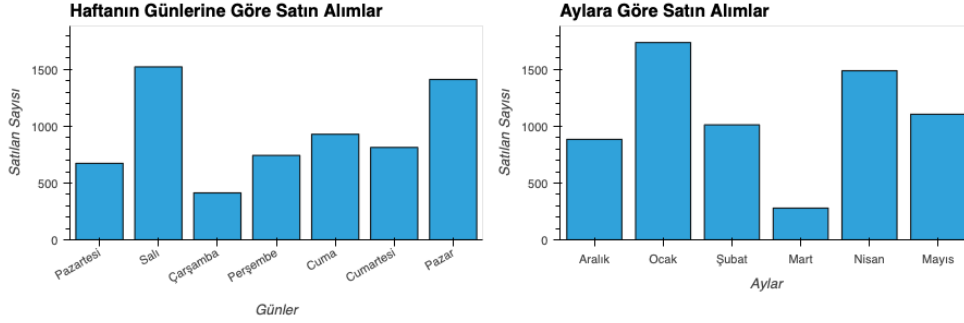
Haftanın günlerine ve aylara göre satın alımlar, kullanıcıların hangi günlerde ve aylarda daha fazla satın alma gerçekleştirdiğini belirlemek ve pazarlama stratejilerini geliştirilmesi hedeflemektedir.

Tablo 19. Haftanın günlerine göre satın alımlar

Günler	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar
Satılan Sayısı	673	1522	413	743	929	813	1411

Tablo 20. Aylara göre satın alımlar

Aylar	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
Satılan Sayısı	884	1736	1012	279	1488	1105

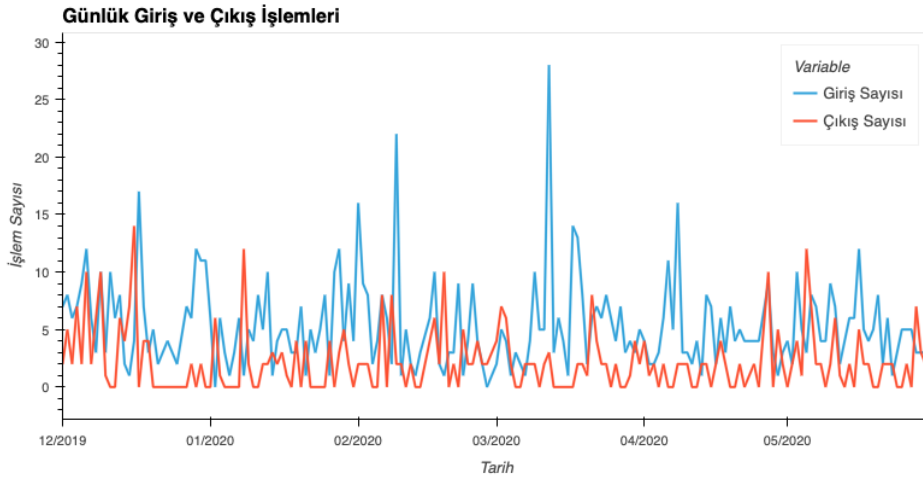


Şekil 14. Haftanın günlerine ve aylara göre satın alımlar grafiği

Tablo 19 ve Tablo 20’de haftanın günlerine ve aylara göre satın alımlar gösterilmektedir. Şekil 14’te, pazar ve salı günleri en yüksek satın alma sayısına sahipken, çarşamba en düşük seviyededir. Pazartesi ve çarşamba günlerinde düşüş görülmekte, perşembe ve cuma ise artış gözlemlenmektedir. Ay bazında bakıldığında ise, ocak, tatil sonrası indirimlerle en yüksek satın alma sayısına ulaşmıştır. Aralık ayındaki artış yılbaşı alışverişlerinden kaynaklanırken, şubat ve mart düşük, nisan ise dengeli ve yüksektir. Bu veriler, kampanyalarla satışları optimize etmek için değerlidir. Ocak gibi yoğun dönemlerde yapılan kampanyalar, satışları artırmada etkili olabilir.

4.12. Günlük giriş ve çıkış işlemleri

Günlük giriş ve çıkış işlemleri, kullanıcıların oturum açma eylemindeki davranışlarını anlamaya yönelik önemli bilgiler sağlamaktadır.



Şekil 15. Günlük giriş ve çıkış işlemleri grafiği

Şekil 15’te günlük giriş ve çıkış işlemlerinin dağılımını göstermektedir. Mavi çizgi işlemlerini ve kırmızı çizgi ise çıkış işlemlerini temsil etmektedir. Giriş sayıları genellikle çıkışlardan fazladır, bu da kullanıcıların oturumlarını açık

bıraktığını veya tarayıcıyı kapattığına işaret eder. Mart 2020 sonunda girişlerde belirgin bir artış gözlenmiş, bu durum artan kullanıcı ilgisi veya kampanyaların etkili olduğunu düşündürmektedir. Çıkışlar ise genelde daha düşük olup bazı dönemlerde artış göstermiştir. Bu analiz, kullanıcı bağlılığını artırmak, web sitesinin güvenlik önlemlerini optimize etmek için kritiktir.

5. Sonuç, tartışma ve öneriler

Bu çalışmada, bir e-ticaret web sitesine ait sunucu günlüklerinin analizi gerçekleştirilmiş ve bu analizler sonucunda web sitesinin performansı, kullanıcı davranışları ve trafik dinamikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Wrocław Bilim ve Teknoloji Üniversitesi tarafından sağlanan ve 35 milyon HTTP isteğinden oluşan sunucu günlükleri veri seti kullanılarak yapılan bu analizler, web sitesinin farklı yönlerini ortaya koyarak kullanıcı etkileşimlerinin daha iyi anlaşılmasına olanak tanımıştır. Elde edilen bulgular, web sitesinin mevcut durumunu değerlendirmek ve gelecekteki stratejik kararları şekillendirmek için değerli içgörüler sağlamıştır.

Analizler, belirli dönemlerde web sitesine kullanıcı ilgisinin arttığını ve Mart 2020 sonunda giriş işlemlerinde bir artış olduğunu göstermiştir. Çalışmada, bot trafiği ve gerçek kullanıcı trafiği arasındaki farklar, analitik araçlar kullanılarak (örneğin, IP adresi takibi, kullanıcı ajanı analizi gibi yöntemlerle) belirlenmiştir. Giriş işlemlerinin çıkış işlemlerinden fazla olması, kullanıcıların oturumlarını uzun süre açık tutması veya siteyi terk etmek yerine açık bırakması ile ilişkilidir. Bu bulgular, web sitesinin kullanıcı bağlılığını artırmak ve global erişimini genişletmek için stratejik öneriler sunmaktadır. Polonya dışındaki ülkelerde tanıtım faaliyetlerini artırmak, çıkış işlemlerinin nedenlerini araştırmak ve farklı kullanıcı segmentleri için özelleştirilmiş içerik ve kampanyalar geliştirmek bu öneriler arasındadır. Çalışmanın, e-ticaret web sitesinin trafik verilerini detaylı analiz ederek kullanıcı davranışlarını ve performansını anlamaya yönelik önemli katkılar sağladığı düşünülmektedir.

Çalışmada gerçekleştirilen kullanıcı segmentasyonu ve kümeleme analizi, pazarlama stratejilerinin kişiselleştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ortaya çıkan veriler ışığında, farklı kullanıcı gruplarına özel kampanyalar ve ürün önerileri sunulurken, kullanıcı memnuniyeti artırılabilir ve satışlar yükseltilebilir.

Bu çalışmanın sonuçları, web sitesinin mevcut performansını ve kullanıcı davranışlarını anlamada önemli bilgiler sağlamıştır. Ancak, ileri düzey veri ve analiz teknikleriyle daha derinlemesine incelemeler de yapılabilir. Gelecek çalışmalarda, kullanıcı davranışlarının daha detaylı incelenmesi, veri setlerinin genişletilmesi ve daha gelişmiş analiz tekniklerinin kullanılması önerilmektedir.

Gelecek çalışmalar için bazı öneriler aşağıda listelenmiştir:

- Gerçek zamanlı analizler için gerçek zamanlı veri analitiği araçları kullanılarak anlık trafik dalgalanmaları ve kullanıcı davranışları izlenebilir, böylece hızlı müdahale ve optimizasyon sağlanabilir.
- Kullanıcıların web sitesinde geçirdikleri süre, ziyaret ettikleri sayfalar ve yaptıkları işlemler detaylı olarak analiz edilerek kullanıcı yolculuğu daha iyi anlaşılabilir. Bu analizler, kullanıcı deneyimini iyileştirmek için önemli içgörüler sağlar.
- Kullanıcıların web sitesine farklı kanallardan (örneğin sosyal medya, e-posta, arama motorları) nasıl geldikleri ve bu kanalların etkinliği analiz edilerek çok kanallı pazarlama stratejileri geliştirilebilir.
- Bot trafiğinin detaylı analizi için gelişmiş güvenlik önlemleri ve analitik yöntemler (örneğin, CAPTCHA doğrulama, bot algılama algoritmaları) uygulanabilir.
- Ayrıca, kullanıcı segmentasyonu ve kişiselleştirilmiş pazarlama stratejilerinin etkinliğini artırmak için, demografik veriler ve kullanıcı geri bildirimleri gibi ek verilerin entegrasyonu faydalı olabilir.

Bu tür çalışmalar, e-ticaret web sitelerinin kullanıcı deneyimini optimize etme ve pazarlama stratejilerini daha etkili hale getirme konusundaki potansiyelini artıracaktır. Analizler, web sitesinin performansını ve kullanıcı deneyimini geliştirmek için stratejik kararlar almak noktasında önemli bilgiler sağlayacaktır. Bu da web sitesinin kullanıcı tabanını genişleterek rekabet avantajını korumasına ve kullanıcı memnuniyetini artırmasına yardımcı olur.

Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Halil İbrahim Çit araştırma, algoritma ve metot tasarımları ile kullanılacak yazılımların oluşturulması ve makalenin yazımı başlıklarında; Emre Şatır ise, çalışmada danışman olarak yer almış, çalışmanın geliştirilmesi süreç kontrolü, makalenin hazırlanması, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuştur.

Teşekkür

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- [1] Y. Gedik, “E-Ticaret: Teorik bir çerçeve”. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1), 184-198, 2021.
- [2] Ç. Köseoglu, “Bilişim sistemlerinde log yönetimi, analizi ve anomali tespiti: Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı üzerine bir uygulama” (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 2018.
- [3] C. Kidd and M. Raza, “Log Analytics: Analyzing Log Data 101”. Erişim adresi: <https://www.splunk.com>, 2023.
- [4] T. Özseven ve M. Düğenci, “Log Analiz: Erişim Kayıt Dosyaları Analiz Yazılımı ve GOP Üniversitesi Uygulaması”. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 4(2), 2011.
- [5] N. Singh, A. Jain, R.S. Raw and R. Raman, “Detection of Web-Based Attacks by Analyzing Web Server Log Files”. In Mohapatra, D.P., ve Patnaik, S. (Ed.), *Intelligent Computing, Networking, and Informatics*. Advances in Intelligent Systems and Computing, cilt 243. Springer, New Delhi, 2014. https://doi.org/10.1007/978-81-322-1665-0_10
- [6] B. J. Jansen, A. Spink and I. Taksa, “Handbook of research on web log analysis”. *IGI Global*, 2008.
- [7] I. Çınar ve H. Ş. Bilge, “Web Madenciliği Yöntemleri ile Web Loglarının İstatistiksel Analizi ve Saldırı Tespiti”. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 9(2), 125, 2016.
- [8] G. Suchacka and G. Chodak, “Using association rules to assess purchase probability in online stores”. *Information Systems and E-Business Management*, 15, 751–780, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10257-016-0329-4>
- [9] J. Iwański, G. Suchacka and G. Chodak, “Application of the Information Bottleneck method to discover user profiles in a Web store”. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 28(2), 98–121, 2018. <https://doi.org/10.1080/10919392.2018.1444340>
- [10] S. Rovetta, G. Suchacka and F. Masulli, “Bot recognition in a Web store: an approach based on unsupervised learning”. *Journal of Network and Computer Applications*, 157, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102577>
- [11] G. Suchacka, and J. Iwański, “Identifying legitimate Web users and bots with different traffic profiles – an Information Bottleneck approach”. *Knowledge-Based Systems*, 197, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.105875>
- [12] G. Chodak, G. Suchacka and Y. Chawla, “HTTP-level e-commerce databased on server access logs for an online store”. *Computer Networks*, 183, 107589, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107589>
- [13] G. Van Rossum and F. L. Drake, “Python 3 Reference Manual”. Scotts Valley, CA: CreateSpace, 2009.
- [14] T. Kluyver vd., “Jupyter Notebooks – a publishing format for reproducible computational workflows”. In F. Loizides and B. Schmidt (Ed.), *Positioning and Power in Academic Publishing: Players, Agents and Agendas* (s. 87–90). IOS Press, 2016.
- [15] W. McKinney, “Data structures for statistical computing in Python”. In S. van der Walt ve J. Millman (Ed.), *Proceedings of the 9th Python in Science Conference* (s. 51–56), 2010.
- [16] F. Pedregosa vd., “Scikit-learn: Machine learning in Python”. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830, 2011. <https://jmlr.org/papers/v12/pedregosa11a.html>
- [17] G. E. P. Box, G. M. Jenkins, G. C. Reinsel, and G. M. Ljung, “Time Series Analysis: Forecasting and Control” (5. baskı). Wiley, 2015.
- [18] C. M. Bishop, “Pattern Recognition and Machine Learning”. Springer, 2006.
- [19] B. Yalçinkaya, M. E. Gedikli ve M. O. Cıbaroğlu, “Elektronik Belge Yönetim Sisteminde Log Analizi: İstatistiksel Bir Değerlendirme”. *Bilgi Yönetimi Ve Bilgi Güvenliği* (s. 61-78), Ankara: Ankara Üniversitesi, 2019.
- [20] J. Han, M. Kamber and J. Pei, “Data mining: Concepts and techniques” (3. baskı). Elsevier, 2011.



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 9, Nisan(April) 2025

DERLEME MAKALESİ/REVIEW ARTICLE

Geliş Tarihi(Receive Date): 03.12.2024

Kabul Tarihi(Accepted Date): 03.01.2025

Bee diseases and treatment methods

Mert Gul^{a,£}, Ebru Halvacı^{b,£}, Hatice Kars^c, Teslime Kozak^d, Damla Ikbali^e, Alper Ozengul^f, Fatih Sen^{g,*}

^a Sen Research Group, Department of Biochemistry, Kütahya Dumlupınar University, Kutahya, Türkiye, ORCID: 0009-0005-7215-541X

^b Sen Research Group, Department of Biochemistry, Kütahya Dumlupınar University, Kutahya, Türkiye ORCID: 0009-0003-6062-7622

^c Sen Research Group, Department of Biochemistry, Kütahya Dumlupınar University, Kutahya, Türkiye ORCID: 0009-0002-1107-0605

^d Sen Research Group, Department of Biochemistry, Kütahya Dumlupınar University, Kutahya, Türkiye ORCID: 0009-0006-9446-8449,

^e Sen Research Group, Department of Biochemistry, Kütahya Dumlupınar University, Kutahya, Türkiye ORCID: 0009-0005-5206-8810

^f Sen Research Group, Department of Biochemistry, Kütahya Dumlupınar University, Kutahya, Türkiye ORCID: 0009-0008-4261-2263

^g Sen Research Group, Department of Biochemistry, Kütahya Dumlupınar University, Kutahya, Türkiye ORCID: 0000-0001-6843-9026

Abstract

Bee diseases are one of the main problems related to beekeeping activities. Harmful microorganisms such as parasites, bacteria, viruses, and fungi cause diseases in honey bees juvenile and adult periods. These disease-causing agents enter the colony by various means and spread rapidly from colony to colony, apiary to apiary, and region to region. Therefore, bee diseases are the main problems that negatively affect beekeeping activities, cause colony losses, and limit production efficiency. In bee diseases, symptoms such as watery stools, thirst, tremors during rest, unusual wing angles, restless behavior of bees in the chronic period, and changes in body physiology are observed. These symptoms appear mostly in the spring. However, the disease suppresses the hive during the summer period. Therefore, to minimize the problems in the hive, there is a need to control the diseases and develop control methods. Colonies should be observed correctly in the spring and fall periods and strengthening activities should be carried out. It is recommended to move sick colonies to disinfected hives after they have been treated. The reason for this is to prepare the colony for the winter period without allowing brood development to stop during the summer period. It is very difficult to say that beekeepers are made aware of this field, the correct treatment methods are applied, and they have access to the relevant resources. It is seen that some existing treatment methods and drugs are not direct solutions for bee diseases. For this reason, this review covers bee diseases and pests that can cause colony losses in detail. These diseases are mainly classified as 'bacterial', 'viral', 'protozoal', and 'other colony pests'. In addition, traditional and new technological treatment methods for bee diseases are also briefly mentioned.

© 2023 DPU All rights reserved.

Keywords: Bacterial Diseases; Bee Diseases; Medication Therapy; Pest Control

*Corresponding author: fatihsen1980@gmail.com

£ These authors equally contributed to this study.

Arı hastalıkları ve tedavi yöntemleri

Öz

Arı hastalıkları, arıcılık faaliyetleri ile ilgili temel sorunlardan biridir. Parazitler, bakteriler, virüsler ve mantarlar gibi zararlı mikroorganizmalar bal arılarının yavru ve ergin dönemlerinde hastalıklara neden olmaktadır. Bu hastalık etmenleri çeşitli yollarla koloniye girmekte ve koloniden koloniye, arılıktan arılığa ve bölgeden bölgeye hızla yayılmaktadır. Bu nedenle arı hastalıkları, arıcılık faaliyetlerini olumsuz etkileyen, koloni kayıplarına neden olan ve üretim verimliliğini sınırlayan başlıca sorunlardır. Arı hastalıklarında sulu dışkı, susuzluk, dinlenme sırasında titreme, alışılmadık kanat açılırları, kronik dönemde arıların huzursuz davranışları ve vücut fizyolojisinde değişiklikler gibi belirtiler görülmektedir. Bu belirtiler çoğunlukla ilkbaharda ortaya çıkmaktadır. Ancak hastalık yaz döneminde kovani baskı altına almaktadır. Bu nedenle kovandaki sorunları en aza indirmek için hastalıkların kontrol altına alınması ve mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. İlkbahar ve sonbahar dönemlerinde koloniler doğru gözlemlenmeli ve güçlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Hasta kolonilerin tedavi edildikten sonra dezenfekte edilmiş kovanlara taşınması önerilmektedir. Bunun nedeni, yaz döneminde kuluçka gelişiminin durmasına izin vermeden koloniyi kış dönemine hazırlamaktır. Arıcıların bu alanda bilinçlendirildiğini, doğru tedavi yöntemlerinin uygulandığını ve ilgili kaynaklara ulaşabildiklerini söylemek çok zordur. Mevcut bazı tedavi yöntemleri ve ilaçların arı hastalıkları için doğrudan çözüm olmadığı görülmektedir. Bu nedenle bu derlemede koloni kayıplarına neden olabilen arı hastalık ve zararlıları detaylı olarak ele alınmıştır. Bu hastalıklar temel olarak 'bakteriyel', 'viral', 'protozoal' ve 'diğer koloni zararlıları' olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca, arı hastalıkları için geleneksel ve yeni teknolojik tedavi yöntemlerinden de kısaca bahsedilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bakteriyel Hastalıklar; Arı Hastalıkları; İlaç Tedavisi; Haşere Kontrolü

1. Introduction

Bees are defined as beneficial insects whose first human existence dates back to the Cretaceous period in the Mesopotamian era. The most important products of bees are honey, beeswax, royal jelly, royal jelly, bee venom, pollen, and propolis, natural products that directly affect human health [1]. In addition, the pollination factor that bees provide to plants in their natural habitats is vital for the protection of ecological balance and the continuation of agricultural production. For this reason, beekeeping has been seen as a source of income or healthy nutrition for the rural population from past to present. Today, with the transition from traditional production to modern methods in beekeeping, there is a rapid increase in the number of bee colonies. With this increase, problems such as buying and selling of bees between countries, disruptions in queen production, lack of control in the sale of queen bees, increase in itinerant beekeeping, shrinkage of beekeeping areas, widespread use of pesticides arise in the beekeeping sector [2], [3]. Bee diseases, colony losses, and pesticide problems threaten all living things in and around the hive. Similarly, the trade of bees, bee products, and beekeeping materials between countries causes bee diseases to spread in a short time. Bee diseases are seen especially in the spring months [4]. The reason for this is that in the spring months, the queen bee's activity of raising offspring increases greatly with the laying period and it is faced with predatory insects with spring rains. During this period, it is necessary to be very sensitive to bee diseases, to prevent the colony from catching cold during hive controls, and to sterilization of the hive during and after harvest. It is very important to protect the colony from disease by considering the risks of transmission from other colonies such as preventive measures, fight against pesticides, and regular hive maintenance [5]. Bee diseases are classified as bacterial (American and European Foulbrood, Septicemia, Crusted Larvae Disease), marketer (Varroa Jacobsoni and Acarapis Voodi), viral (Chronic and Acute Bee Paralysis), fungal (Lime and Stone Disease) and protozoan (Nosema and Amoeba) according to the factors causing the disease [6], [7], [8]. In addition, Adult and Fledgling Bee Diseases are also seen depending on the host of the disease. Many pathogens, pests, and insects cause diseases in both the developmental and adult stages of bees. However, not all of them are equally dangerous, and some diseases cause the hive to be destroyed within a few weeks [9]. For example, bee diseases classified as very dangerous, such as American foulbrood, Lime Disease, and Varroa, spread rapidly throughout the colony and require national beekeepers association control programs at very advanced stages [10]. American foulbrood disease causes the bee eggs in the larval stage to turn yellow and even brown in the later stages. The most prominent feature of a hive infected with the disease is that the dead brood is not easily cleaned from the comb cells [11]. In this case, the queen will not lay eggs until the honeycombs

are cleaned, so the offspring are not organized but scattered [12]. The bees that die from the disease are seen in the honeycomb in a watery, soft mushy consistency. The dead larvae are watery and sticky and cover the base of the eye. When a stick is inserted and removed from the honeycomb, it grows up to 6-8 cm and infects other honeycombs. For this reason, it is very difficult to remove and clean the closed-eye bases [13], [14]. Another example is Varroa disease, the parasitic insects in the closed eye suck the blood of the bee in the larval, pupal, and adult stages, reducing the working activity in the hive [15]. In addition, the larval remains dry out over time and adheres to the base of the eye as a host carrying millions of spores. However, if the pupa dies in the pupal stage, their tongues harden and pierce the honeycomb. The most prominent feature of Varroa disease is the appearance of wingless bees in the hive. Bees are exposed to many disease agents, ecological disorders, and insecticides during the development period [16], [17], [18]. In this case, the rate of development of the diseased hive decreases, and the number of adult bees and the amount of offspring are visibly reduced. There is a decrease in the activity of bees to collect pollen and nectar for the hive. Therefore, bee diseases cause great losses in bee-keeping countries [19], [20]. However, it is very difficult to say that a conscious treatment method is applied for bee diseases. Beekeepers should be made aware of issues such as unconscious use of antibiotics, not paying attention to hive hygiene, not performing spring maintenance, not cleaning the hive after harvest, direct transmission between parasite colonies, plundering of weak colonies, contaminated honey contaminating healthy colonies [21], [22].

Within the scope of this review, the creation of a resource where beekeepers can get detailed information, about bee diseases, disease-causing factors, and treatment methods from the past to the present are mentioned. Diagnosis of bee disease, disease symptoms, according to the factors causing the disease; bacterial, viral, protozoal, fungal, parasitic, or honey bee pests are discussed in detail with literature research [23].

2. Bacterial diseases

2.1. American foulbrood rot

American foulbrood disease causes disease in honey bees *Apis mellifera* and other *Apis* species [24]. It is seen in honey bee larvae and is a highly contagious bacterial disease [25]. When infected, it kills entire colonies [26]. The causative pathogen of the disease is known as *Paenibacillus larvae subsp. larvae* [27]. Apart from infecting beehives kept in the same region, it can also infect beehives kept in different regions around it. *Paenibacillus larvae* spores can contain 2.5 billion spores in the infected larva [28]. *Paenibacillus larvae subsp. larvae* spores remain viable for 33 years in the hive, 60 years in the soil, and 45 years in the foundation comb [29]. Spores that can remain viable for many years cause disease in the following years [30]. The structure of *Paenibacillus larvae* bacteria is straight or curved rod-shaped, 1.5-6 µm in length and 0.5-0.8 µm in width. Gram-positive [31] and microaerophilic, *Paenibacillus larvae* are found in nature in the form of single chains or filaments [32]. *Paenibacillus larvae* have two forms, spore and vegetative. The vegetative form is not dangerous for bees, only the spore form causes infection in bees [33]. *Paenibacillus larvae subsp. larvae* spores are ellipsoid-shaped. Bacterial spores are resistant to chemicals and temperature changes. *Paenibacillus larvae* spores are highly resistant to external conditions. Even in the dry remains of larvae that died from this disease, viable spores were found 69 years later. Spores can survive for more than 40 years in the comb, 1-10 years in honey, and 5 days in molten beeswax. For this reason, sterilization of beeswax at high temperatures is important. American foulbrood shows its effect depending on the age of the larvae. When the age of the larva exceeds 32 hours, American foulbrood cannot show its full effect and its sensitivity decreases. After the larva reaches 53 hours of age, American foulbrood is no longer a threat. For larvae less than 24 hours old, 1 *Paenibacillus larvae* spore is sufficient for infection. *Paenibacillus larvae* spores begin to reproduce 24 hours after the larva has ingested food. This bacterium reproduces in the middle intestine of the bee and enters the body cavity by crossing the intestinal wall [34]. Approximately 2.5 million spores grow in the body of the infected larva. American

foulbrood disease is transmitted from colony to colony through theft and hive straying. The exchange of frames with young between diseased colonies and healthy colonies, honey and pollen from diseased colonies, and swarming are important factors in the spread of the disease [35]. American foulbrood bacteria can be easily transported by queens, unsterilized combs, beekeeping tools and clothes, beekeepers, combs, and swarming bees [36].]. Another factor in the spread of the disease is the improper sterilization and use of diseased old combs. The disease can be seen in worker bees, drones, and queens in the larval stage. However, the disease is rarely seen in adult drones and queens. In strong colonies, the disease is very difficult to recognize. The progression of the disease is understood by the increase in bee losses. After increasing bee losses, the vitality in the flight hole decreases and the bees wander involuntarily on the flight board. It is an important issue that worker bees throw broods out of the hive. This should not be confused with the action of starving bees to protect the colony, because when American foulbrood starts in the hive, the bees consume large amounts of honey and run out of honey. To cope with this situation, they sacrifice their young and expel them from the hive. Larvae born in a healthy hive have a pearly white, shiny color. At the base of the comb chamber, the larva is in a "C" shape. When infected, this structure disappears fills the cell, and dies upwards. Larvae that die from American foulbrood disease turn dull-white, light brown, dark brown, and black in color. The structure of larvae that die from American foulbrood is initially watery and slightly sticky. As the disease progresses, the larvae become like glue, and their color turns brown [37]. There is also a glue odor in the combs. The larvae that turn brown are subjected to the "larval elongation test" by pulling them to the right and left with the help of a suitable tool. When elongation between 2.5 cm and 10 cm is observed, it is considered as a marker of American foulbrood (figure 1). It is also possible to identify the disease with the stick test, which is 98% accurate. In the stick test, diseased larvae are placed in a bottle and diluted. Then a drop of sample is taken and placed on the preparation. When a color change is observed, the presence of the disease is confirmed. In the honeycombs with the disease, the pupal eyes have an asymmetrical appearance. There is a mixed color appearance in the honeycomb eyes. The dead larvae in the combs lie on the bottom surface and are very firmly adhered to each other. When the larvae are dried, they are hard and very difficult to clean. The membranes of the pupal eyes are withered, collapsed inwards and have holes the size of the ball of a pin. Juveniles that die during the larval stage are found in closed eyes. This is the main difference between American foulbrood and European foulbrood. The larvae that are dead in the closed cavity die upright in the comb cavity, but this is not observed in European foulbrood [38].



Fig 1. American foulbrood disease colony with visible drifting fry lava (Reprinted with permission from [39], Copyright MDPI).

One of the main methods of combating American foulbrood is to keep the apiaries clean and tidy. Pieces of honeycomb and propolis should not be thrown around the combs. Diseased combs should not be used again and should be destroyed by burning. Bees should be taken to places where pollen and nectar are high. Strong bee colonies should be used and queen bees should be replaced if they are inefficient. Beekeeping activities should be carried out at a distance of about 6 km from other apiaries. When purchasing a colony, the colony should be checked for diseases. Beeswax should be sterilized at 120°C for 15 minutes before being made into combs. Hives should be positioned in a U or S shape. Hives should be checked frequently and diseased colonies and all beekeeping products should be destroyed as soon as the disease is detected. Beekeeping equipment should be more than one. Potassium hypochlorite, lye, kefir, hydrogen peroxide, and chloramine potassium hypochlorite can be used when disinfecting beekeeping materials. Antibiotics containing oxytetracycline hydrochloride (OTC) and sodium sulfathiazole should be used in the treatment phase of the disease. However, antibiotics are not effective in sporulated forms but in vegetative forms[40].

2.2. European foulbrood rot

It is an infectious and bacterial disease seen in most parts of the world. It affects honey bee brood. The causative pathogen of European foulbrood disease is non-spore forming, gram (+) *Melissococcus plutonis* [41]. This disease can also be caused by other secondary microorganisms. These microorganisms include *Streptococcus faecalis*, *Bacillus eurydice*, *Paenibacillus alvei*, *Bacillus cereus*, *Bacillus lateresporus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus orpheus* and *Corynebacterium pyogenes* [42]. Secondary bacteria are effective on the odor and consistency of dead larvae, they do not affect the occurrence of the disease. This disease is mostly seen in weak hives in spring and early summer (usually in May and June), when brood rearing is intense [43]. In addition, this disease is particularly common when nectar is scarce. The number of young bees is directly related to food production. To produce large amounts of food, young bees must be numerous. In this way, enough food is produced for the larvae. It shows its effect more in the larval stage of bees. The disease is more effective on 3-4 day old larvae. Carrier adult bees are less affected by the disease [44]. The pathogen of this disease is transmitted to the larvae by the worker bees during the feeding of the larvae with the food taken by mouth and is rapidly transmitted. In this way, the bacteria settle in the digestive system and develop in the middle intestine. In the meantime, since they feed on the food in the intestine of the larva, the larva loses nutrients and cannot develop because it rapidly consumes the contents of the intestine. After infection, death is usually seen after 4 days, and death is seen before the larva passes to the pupal stage [45]. After the larva has passed into the pupal stage, it is excreted into the comb chamber with feces. The disease is also transmitted to healthy larvae by the contact of worker bees while cleaning the residues in the comb cells. The causative agent of the disease survives for 3 years in the intestine of the bee, 1 year in old combs, 15-20 minutes in boiling water, 65 days in beeswax, and 2 minutes at 116°C. Symptoms of the disease are seen in climatic conditions such as poor and weak hives in winter, prolonged cold and humid weather in spring, malnutrition, stress, and lack of nectar and pollen. Combining weak and diseased colonies with healthy colonies, using unsterilized tools that were previously used in the infected hive can also cause the disease. If there is an excess of young bees, the hive produces the necessary food for the larvae. If the hive receives a large amount of nectar, the severity of the disease decreases to the same extent and the disease begins to recover when the colony conditions return to normal [29]. The larvae carrying the disease are usually detected and removed from the hive before they show signs of the disease. Therefore, the disease can go undetected for long periods. Most brood deaths occur before the honeycomb eyes close, so the disease occurs in open honeycomb eyes, but if the disease is severe and advanced, deaths can also occur in closed eyes. If death occurs in closed eyes, the eye will collapse, perforate, and discolor. The bees that die from the disease are curled into the letter "C" at the base of the comb eye. This is the most important symptom in diagnosing the disease. They do not adhere to the honeycomb, they can be easily removed from the honeycomb with the help of a match. The color of dead larvae first changes to white, then brown, and then black [46]. When the hive lid is opened, the odor perceived due to the dead larvae inside the hive is the smell of spoiled meat/fish or sour brewer's yeast. Another symptom is that dead larvae can be easily removed from the comb cavity without elongation when the dead larvae are pulled out with the garbage [47]. The consistency of the

dead larvae is soft and watery at first and then hardens to a pasty consistency. Colonies infected with the disease show reluctance and weakness. Larvae that have died but which the worker larvae cannot expel rot. The decaying larvae have little or no stickiness. With the death of the larvae, the proliferation of the causative agent stops. To diagnose the disease, an easy milk test can be performed. Healthy or sick larvae can be identified according to their milk coagulation time. Healthy larvae coagulate milk in around 13 minutes. Sick larvae coagulate milk in 2 minutes. Early diagnosis plays an important role in the treatment of the disease. When the disease is not diagnosed and intervened in time, the disease progresses. Except in severe cases, the destruction of bees and combs is not necessary. If the disease progresses, the hive may need to be burned [43]. As a way of controlling and preventing the disease, colonies harboring the disease agent should not be merged with other colonies and should not be moved. Colonies should be moved to nutrient-rich areas with better pollen and nectar. Nutrition should be provided with syrups containing minerals and vitamins. It should be ensured that the queen bee does not leave the hive to prevent the formation of new larvae and that the available nutrients are sufficient for the larvae in the hive. The queen in the colony is prevented from laying eggs by keeping her inside the hive for a while. In hives with the disease, the queen should be renewed and young queens should be used. Bees are kept away from stress. The diseased combs in the hive should be removed from the hive. Honeycombs with strong and healthy brood from other hives should be taken into the hive. The equipment and tools used must be sterile. The disease can be treated with antibiotics such as oxytetracycline, erythromycin, etc. However, the use of any antibiotic for the treatment of this disease is prohibited in Turkey. An antibiogram test is used to determine the antibiotic that will be effective. In the use of antibiotics, a specialist should be consulted and applications should be made accordingly. Because each product is a substance that must be taken at certain intervals and in certain doses. If antibiotic administration is not done carefully, the bee colony and the quality of the honey will be damaged. Antibiotics used unconsciously increase the resistance of bacteria and cause residue in honey. Honey from the hive that has been given antibiotics should not be consumed for a long time. Even when the larvae recover from the disease, the disease agent continues to live in the honeycombs in the hive and the disease may recur. European foulbrood is a disease that can be encountered quite frequently. But in some cases, when the infection level is low or the colony is strong, the bees can cope with the disease.

2.3. Septicemia disease

Septicemia is also known as blood poisoning [48]. It is a fatal disease caused by a bacterium called *Pseudomonas apiseptica* (*Pseudomonas aeruginosa*) [49]. It is a non-spore-forming, motile, and gram (-) bacteria. This causative bacterium is found in plants, swamps, stagnant water, and moist soils. This disease is transmitted through the respiratory system (trachea), from where it passes into the blood fluid and causes infection. The possibility of disease is triggered by stress factors. Unfavorable weather conditions, intensive artificial feeding, the difficult adaptation of swarming bees to the hive they come from, feeding with too dense sugar syrup, and honeycombing stress trigger the disease. The causative agent is found in the hemolymph of bees but rarely causes disease. The hemolymph of healthy bees is yellow. The hemolymph of sick bees varies in color from white to brown. *Pseudomonas aseptica* is found in the gut of young bees that feed on pollen. It is not found in the gut of young bees emerging from the honeycomb. When the bees feed on honey, the bacteria in the gut are destroyed. The death of the bees infected with the disease becomes inevitable in a short time. The death rate is highest 20-36 hours after the bee is infected [50]. Adult bees carrying the disease are seen in pairs or singly. The symptoms of this disease are; that the color of the bees starts to turn black, the ability to fly decreases and then disappears, and there is a rapid loss of reflexes in their muscles. The most important symptom of the disease is the degeneration of the muscles. Since the muscles of diseased bees are deformed, they cannot be held at the joints. For this reason, when the head, chest, abdomen, and legs are touched, these parts are torn from their joints [29]. If the patient becomes unable to defend the bee, there is a risk of being easily caught. Since the muscles cannot fulfill the function they are supposed to do, the bees cannot fly and walk in a dazed state. In a weakened state, they move their mouthparts and legs. Food consumption first decreases, then stops and the colony is weakened. Another symptom is a change in blood color. In healthy bees, the blood color is yellowish or ashen. But the blood color of the sick bee changes from light brown to white. Dead or dying bees in diseased hives have a rotten, sour odor. There is no known cure for the disease. However, some precautions can be taken. These

measures can be taken such as avoiding stress factors, establishing hives in clean, dry, sunlit places, avoiding contaminated water in the environment, and keeping colonies in environments rich in nutrients such as pollen and nectar. When the nutrient sources in the environment are low, vitamin-added sugar syrups should be given. Intensive artificial feeding should be avoided. Work with strong bee colonies. The use of antibiotics is prohibited in this disease.

2.4. Crusted larva disease (Dusty larva disease)

Paenibacillus pulvifaciens bacterium is the causative agent. This disease is rarely encountered. The reason for the rarity is that the disease is rare and beekeepers have difficulty in diagnosis. The dead larvae are crusted specific to the disease. The crusts can have different colors from yellow to brown. They can be seen extending from the bottom to the top of the honeycomb. When the dead larvae are crumbled, they fall as dust. *Paenibacillus pulvifaciens* is 0.3-0.6 x 1.5-3.0 µm in size. It can grow on nutrient agar. It is very similar to *Paenibacillus larvae*, but its spores do not make Brownian motion when tested with the modified drop technique. Another difference is that *Paenibacillus pulvifaciens* can grow in nutrient agar at 20°C [29].

2.5. Spiroplasmosis

Spiroplasma species bacteria cause spiroplasmosis in adult bees. This bacterium is motile, spiral-shaped, and has no cell wall [51]. *Spiroplasma* is 2-10 µm in length and 0.7-1.2 µm in width. It is very easy to visualize with a dark field microscope [52].

3. Viral diseases of bees

3.1. Sackbrood rot (SBV) (Sackbrood)

Also known as bag rot or bag disease. The disease agent is a very small virus called *Morator fistulas*. This disease was first described by White in 1917 [53]. There is no information on whether this disease is seen in our country [54]. It causes disease in workers and drone larvae. It is seen in pupae in the pupal stage [55]. Adult bees become infected due to contact with the fluid containing the virus in the body of the sick larvae while throwing the sick larvae out of the hive. Larvae acquire the virus through worker bees, which are responsible for the development and feeding of the brood. The virus multiplies in the brood food glands of the worker bees and passes to healthy larvae fed by the worker bees [56]. The diseased larvae die after the honeycomb is sealed and during the transition to the pupal stage. The incubation period of the disease is 6-7 days. Larvae are most susceptible to the disease when they are 2 days old. Infected larvae cannot pass into the pupal stage and fluid accumulates around the skin [57]. The head of the infected larva faces the comb chamber and death occurs in the upright position. Mortality is low in open comb cells but high in sealed comb cells. Young larvae infected with this virus show retarded and inadequate development and queen bees show a decrease in egg-laying. Sick colonies become weak and honey yield decreases. This disease is seen in hives that spend the winter in poor conditions and therefore emerge in the spring with weak and neglected hives. The exchange of comb and food between hives also triggers the spread of the disease. It is not as lethal as other brood diseases. Infection decreases and disappears in winter. It is most common in spring and summer [58]. The color change is important as a sign of the disease. The larval color is white at first, then yellow, but turns dark brown when the disease progresses. The color of the dead larva is gray-black. The dead larva dries and crusts [59]. It is hardened and curled sideways in the shape of the letter "L" in the comb chamber [60]. If the honeycomb eyes are opened, the head of the larva can be seen curled up and to the side. The causative virus disrupts the order required for the molting of the diseased larva, so that the old skin, which cannot be separated from the head, cannot be detached. Fluid accumulates between the two skin parts [61]. For this reason, the head swells and curls up, forming a structure similar to a jumpsuit. The larvae look like a bag filled with water. The dead larva can be easily removed from the honeycomb

with the help of a needle. The honeycombs look like a puzzle. Dead larvae have a clear greenish liquid between the larval shirt and the body. Dead larvae have no odor. The dead larvae are removed from the combs by the worker bees and thrown out of the hive. The disease is a brood disease, but the virus that causes the disease also affects adult bees [62]. Since it is a viral disease, it is diagnosed by molecular techniques. The diagnosis of the disease is made by molecular techniques ELISA and RT-PCR. Since the disease is caused by a virus, there is no known drug for its treatment. Some precautions should be taken to prevent the disease. In order to prevent the occurrence of the disease, it is necessary to feed the bees well in the spring, pay attention to the temperature of the hive, nutrient supplementation, not to catch the young cold and cut out the honeycombs in which the disease is detected, change the queen bee, increase the number of worker bees, hives should be located in places without moisture, attention should be paid to moisture intake from the bottom. In order to maintain moisture content, hives should be placed 30-40 cm high.

3.2. Acute bee paralysis

Acute bee paralysis disease is caused by the acute paralysis virus which is in the Dicistroviridae family [63]. Acute paralysis virus is seen in the summer season. If *Varroa destructor* is seen in the colony in addition to acute paralysis virus, deaths are observed in adult bees and larvae. *Varroa destructor* feeds on the blood of bees with the virus, which facilitates the multiplication of the virus [64]. In this way, the acute paralysis virus has a lethal effect. *Varroa virus* facilitates the transmission of acute paralysis virus to adult bees, larvae, and pupae. Acute paralysis virus spreads rapidly in the colony. It targets young larvae and adult bees. It draws attention to rapid adult bee death. Larvae infected with the acute paralysis virus have an appearance similar to American foulbrood or European foulbrood (figure 2).

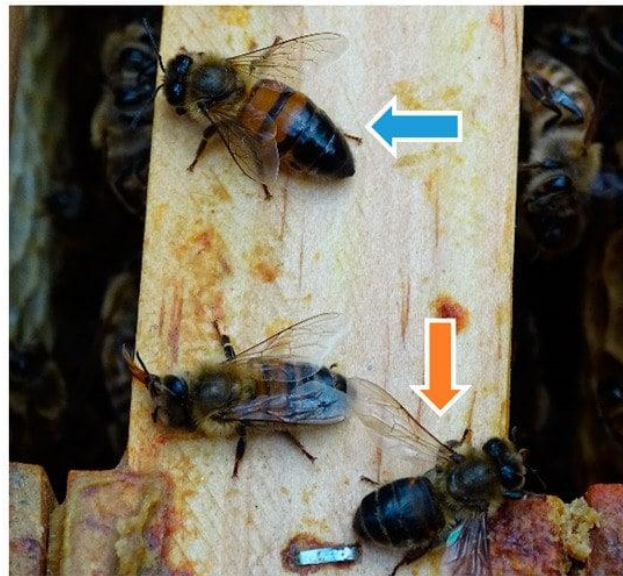


Fig 2. Colony inspection of hairless, dark-colored, short-bellied worker bees and ant-like bees holding their wings at unusual angles (Reprinted with permission from [82], Copyright MDPI).

3.3. Kashmir bee virus

Kashmir bee virus, a member of the *Dicistroviridae* family, was discovered in the Kashmir region of India [56]. This virus was first found in *Apis cerana* bees, and then in *Apis mellifera* bees in Australia. Kashmir bee virus is fatal for

adult bees, larvae, and pupae. Kashmir bee virus is similar to the acute paralysis virus with its disease-causing and spreading characteristics. Kashmir bee virus survives in adult bees and pupae without showing signs of disease. Kashmir bee virus strains have a high ability to produce disease. Very few Kashmir bee viruses are sufficient to cause infection. It multiplies rapidly in the blood of pupae or adult bees and becomes lethal in a short time. This virus becomes much more effective with varroa. Kashmir bee virus combined with varroa destroys colonies [65].

3.4. Chronic bee paralysis

Chronic bee paralysis was first reported in the USA in 1809 in an article written by Huber. Chronic bee paralysis was identified by Burnside in 1933. Burnside brought the disease to light by infecting healthy hives with infected material obtained from infected hives. The paralysis virus is satellitic, 30-65µm in size. The bee's immune system blocks the reproduction of the chronic paralysis virus. Chronic bee paralysis is more common in temperate regions. The disease is recognized by its symptoms. The typical symptom of chronic bee paralysis is the separation of queen and worker bees from the hive. Adult bees infected with the disease are seen with their wings open, shaky, and drooping. The body hairs of the bees fall out and the abdomen takes a dark and shiny color [66]. The abdomens of paralyzed bees with molting hairs appear smaller than they normally are. Due to chronic bee paralysis, they are unable to empty their intestines, leading to bloated abdomens and full honey sacs. Dysentery can occur as a result of these conditions. Bees infected with the disease do not fly and crawl around the hive in groups. When the hive is smoked, it becomes unable to move. Paralyzed bees are not taken into the hive by healthy bees after the flight. Diseased bees start to tremble after 1-2 days of being outside. The diseased bees that are not allowed inside gather in front of the hive and then die. In adult bees, deaths begin after a few days after the symptoms appear. When the severity of infection increases, sudden deaths can occur and colonies can be destroyed as a result. Heat and drought increase the multiplicity of the disease. It is not known how the disease is transmitted and it is estimated that it is transmitted during food transfer, as in other bee diseases. Chronic bee paralysis is usually caused by pesticides used by beekeepers. Another reason for the disease to be effective is the presence of old queens in the colony. The colony can be saved by queen replacement. No medicine can be used to detect the disease yet.

3.5. Deformed wing virus (DWV)

The deformed wing virus was first found in Japan [67]. It is noticeable that the wings of diseased baby bees are weak or deformed when emerging from the comb cells. Egyptian bee virus has a slight structural similarity with the deformed wing virus. The wing development in the honeycomb of the infected bees is disrupted and the structure changes. In the disease; abdominal shrinkage, wrinkling of the wings, and a decrease in mass are observed [68],[69]. Death is observed in larval and pupal stages [70]. Adult bees die without showing symptoms when infected [71]. Deformed wing virus is lethal on its own, when combined with varroa, it causes large colony losses [72],[73].

3.6. Slow paralysis virus

The slow paralysis virus was first discovered during laboratory research. This virus causes the death of the adult bee within 12 hours. Before the bee dies, the first pair of its legs are paralyzed [74]. When combined with varroa mites in the colony, it causes death in adult bees and larvae. As long as the varroa mite is present, it will feed on the bees and the slow paralysis virus will continue to reproduce.

3.7. Black queen bee virus

The black queen cell virus belongs to the *Dicistroviridae* family. This virus was identified as a result of encountering

dead queen larvae or pupae. The color of pupae and larvae that die as a result of the black queen virus is between dark brown and black. The infected larvae turn yellow and have hardened bag-like skin. Like the sacbrood virus, it multiplies very much when the pupa is infected. The virus does not reproduce when the bees eat the infected larvae. It was discovered in the USA by Clark in 1978. No known symptoms are known. When the black queen virus is combined with *nosema apis*, its reproduction is only accelerated. When this virus combines with the Y virus, the survival time of bees decreases. When combined with *nosema apis* and parasites in overwintering hives, the hive terminates rapidly. In a similar situation, when this virus combines with the filamentous virus, its severity decreases. Black queen virus is widespread in the world on its own and in combination.

3.8. Bee X virus

Bee X virus, which has links with the Y virus, is very difficult to distinguish from the Y virus. It shows high physical and chemical similarity. Bee X virus shows a disease effect as a result of the adult bee digesting infected products. This effect disrupts intestinal functions as in the Y virus. It does not interact with *Nosema apis* and this behavior distinguishes it from the Y virus. Bee X virus is most effective in the winter months. Bee X virus and *Malpighamoeba mellificae* parasite are found in bees that die in winter. Bee X virus is transmitted through bee feces and infected bees live less. If Bee X Virus and *Malpighamoeba mellificae* are found together, the disease reaches its most effective range. It is the most deadly range. When the disease reaches this level, it is extremely dangerous for the hives. Therefore, since new worker bees cannot be raised instead of young worker bees, life in the hive comes to an end. Bee X virus affects honey bees in Australia, Canada, Europe, Argentina, and Iran.

3.9. Cloudy wing virus

Cloudy wing virus belongs to the *Dicistroviridae* family. It is a common disease in bees. It causes the wings to appear opaque. Its particles are very small and can easily pass from hive to hive through the air. Cloudy wing virus is transmitted to the pupa by varroa. The disease can only be understood by serological tests. With the immunodiffusion technique, viruses that multiply in the head and thorax of the bee are determined. When the proportion of sick bees in the hive increases, bee vitality begins to disappear and the hive dies. It does not need certain seasons to reproduce and spread.

3.10. Apis iridescent virus

The disease is linked to the clustering disease of *Apis cerana* bees in India. Bees infected with the Apicidescent Virus do not want to work in summer, they cluster in the hive. Bees leave the hive and crawl on the soil. If more bees come out, the symptoms of the disease may decrease. This virus multiplies in the digestive system, hypofrangel glands, and ovaries. ApisIridescent Virus affects *Apis cerana* and *Apis mellifera*.

3.11. Israeli acute paralysis virus (IAPV)

Discovered in 2002 in Israel, the Israeli acute paralysis bee virus belongs to the *Dicistroviridae* family. It has a high genetic diversity. The most prominent feature of the disease is that the bees leave the hive before winter. There are too many dead bees in the hive. If there is not plenty of nectar around the bees, the virus reproduces too much. The bees stop feeding and brood care. This allows the bees to become early foragers. Healthy and young queens should be transplanted to colonies with the disease [75].

4. Protozoal diseases

4.1. *Nosema* disease (Nosemosis)

Nosema disease is a disease seen in most parts of the world and is caused by spore-bearing protozoa called *Nosema apis* [76]. The causative agent is an internal parasite [77]. *Nosema apis* spores are oval-shaped [78]. This disease is seen in adult honey bees [79]. The spores, which enter the digestive system through food and mouth, develop in the epithelial cells in the stomach and intestine of adult bees [80]. As a result of the cold and rainy weather, bees stay in the hive for a long time. Therefore, they cannot defecate outside the hive. Defecation inside the hive causes the parasite to increase. Infected bees in the colony transmit the disease to healthy bees through feces. Spores multiply rapidly in the digestive tract of the bees. Symptoms of the disease include separation of the wings, swelling of the abdomen, loss of sting reflexes, and the ability to fly [81]. They try to walk with the help of the grass in front of the hive. This disease, which starts to show its effect in the stomach, turns the stomach, which is straw-colored when healthy, into a dirty and white color. The feces of the bees are watery and sticky and yellow-white in color. In infected colonies; there are white and orange bee feces on combs, frames, and flight boards. The effects of the disease increase if the colony is queenless, malnutrition, insufficient pollen or nectar sources, or varroa disease in the colony. The use of infected combs, hive confusion, transfer of sick bees to other hives, excessive humidity in the hive, insufficient food, feeding with poor quality food, and windy and cold weather are effective in the spread of the disease. This disease reduces productivity by causing disorders in the digestive system of bees (figure 3). It causes the number of colonies to decrease. It has been determined that this disease agent can survive for at least 1 year in contaminated bee feces, 11 months in honey, 7 years under suitable conditions in the laboratory, and is resistant to cold, freezing, and microwaves. The disease is more common in humid environments and in spring months. The disease recovers when climatic conditions improve. Infected colonies have low honey production and a shortened life span [82]. For the diagnosis of the disease, microscopic and macroscopic examination of the stomach of the sick bee is required. The use of antibiotics is allowed in the treatment of the disease. Drugs with the active ingredient Fumagillin are given to the bees together with syrup. It is important to use the drug at the specified doses and time to avoid residue in the honey. After treatment of sick colonies with the drug, they should be transferred to a different hive that has been disinfected. Hives should be given food such as pollen cake and sugar syrup in the spring season. Strong colonies should be established. Apiaries should be established in airy and moisture-free places.



Fig 3. Examination of the digestive tract of adult honey bees, (A) control group, (B) nosema-infected group (Reprinted with permission from [83], Copyright MDPI).

4.2. Ordinary diarrhea (Dysentery)

It is when adult bees have diarrhea due to digestive disorders. It is not contagious and does not contain germs. The cause of the disease is improper feeding. It is more common in the spring season when bee activities begin. Since it is a seasonal disease, it goes away on its own as the season progresses. The disease passes with the increase in the amount of pollen and nectar in the environment. The disease can occur due to different reasons. Bees staying in the hive for a long time on rainy and windy days and therefore not being able to go on cleaning flights, feeding with dirty or rancid syrups, fermented foods, feeding bees with expired, spoiled syrups, damp cold, or humid environment, feeding with raw sugar, feeding bees with pollen due to the lack of sufficient honey in the hive in winter can be counted as the main causes of the disease [84]. In addition, the disease is also triggered by increased stress factors of the bees due to the constant disturbance of the wintering bees and disruption of their order: Bees are lethargic, they produce dark yellow, sticky, watery, and foul-smelling feces, and when the feces come into contact with the air, they dry up and lose their odor within 3-4 days. The source of the watery feces that accumulate in the intestines of bees is water. Normally, the digestive waste that accumulates in the intestines is excreted from the body during the spring cleaning flight away from the hive. The bee's intestine has a high ability to expand. Therefore, in winter, bees can carry and store feces in their intestines for a long time. Digestive residues accumulate in the bee's intestine up to a certain capacity. The accumulated feces remain in the honeycombs and contaminate the interior of the hive because of the lack of cleaning flights in rainy and windy weather. The water content in the feces of bees with dysentery is higher than in healthy bees. Bees infected with the disease cannot go out if the weather is cold. In this case, sick bees that stay in the hive for a long time defecate inside the hive. In this case, the inside of the hive becomes damp, moldy, and smelly and bee deaths begin to be seen. To treat the disease, a drop of formic acid and a small amount of alcohol can be added to the syrup and given to sick bees. If the disease is mild, it is not very harmful to the colony. But if it progresses together with nosema disease, its spread accelerates. If the disease progresses rapidly, mass deaths begin in the hive. Bees should be fed with refined granulated sugar. Fall maintenance and feeding should be done on time and should not be delayed. Fermented sour honey should not be given to the bee. Ventilation in the hive should be sufficient. To remove excess water, bees should be given time before the weather gets too cold. In addition, care should be taken in the feeding and care of the bees.

4.3. Amoeba disease

Malpighamoeba mellificia protozoan is the cause [85],[86]. It is found in the Malpighi tubes of honey bees infected with *Nosema apis*. It belongs to the class *Rhizopoda*. It is a very common protozoan. It is found on all continents where the honey bee is found. *Malpighamoeba mellifera* infects adult worker bees. Drones and queen bees are rarely infected. *M. Mellifera* in feces infects when eaten by bees. It is an extracellular parasite. It settles in Malpighi tubes and metamorphoses into cysts [87]. There is no typical symptom. It destroys the epithelial cells of the infected Malpighi tubes. In hives infected by *Malpighamoeba mellifera*, life is terminated. It is much more effective with *Nosema apis*. It can be diagnosed by microscopic examination of cysts taken from Malpighi tubes. Malpighi tubes are taken from the middle and posterior intestines. The size of the cysts is 5-8mm wide. The fight against the disease starts with the cleaning of beekeeping equipment. There are no drugs that can control it yet. When feces are found in the combs, they should be cleaned with acetic acid. In the early infected period, bees can be moved to clean hives.

4.4. Gregarines

Leidyana species of the Gregarine class targets honeybees. It acts in the digestive system of honey bees. It attaches to the intestinal epithelium through its organelles. It survives in the bee and continues to reproduce, producing the spores necessary to infect other bees. It is not specific to honey bees, it can be seen in other bees. It is transmitted to bees through nectar and water. It was first found in Europe. It is more common in temperate regions. Gregarines affect bee cells and cause changes. Diseased bees do not cause much damage to the colony. The disease can be managed by fumagillin application.

5. Mushrooms

5.1. Lime disease

Lime disease is a disease caused by a fungus called *Ascosphaera apis* [88]. The spores of the causative agent cause disease only in the larvae of bees and the reproduction of this disease is through sporulation. *Ascosphaera apis* heterotallic fungus is a type of fungus whose mycelia have male and female sexes. Mycelia of the two sexes must coexist for spores to form. Larvae acquire *Ascosphaera apis* through food. This agent develops in hives with insufficient ventilation due to the increase in the amount of CO₂ and the high level of humidity in the environment [89]. This disease is most common in spring and fall [90]. Strong colonies can overcome this disease in summer. These spores can live on the combs for years [91]. In addition, these spores, which can live inactive on the comb for years, become active again for reproduction if suitable conditions are provided. Drone larvae are usually found in the side combs of the hive and therefore remain at the lower level of incubation temperature. Since the optimum temperature for the development of this spore is 30°C, the first symptoms of the disease are seen in the male larvae on the edges of the combs. The diseased larvae mummify and dry inside the comb chamber. These larvae have a white, gray, or blackish color. In the later stages of the disease, white-colored mummified larvae are encountered because the disease spreads to the young in the middle parts of the comb. If the larvae are only infected with the female or the male, the infected bee is white like lime. However, if both the male and female are infected, the larvae are grayish-black.

The amount of moisture in the hive, environmental pollution, excessive humidity, stress factors such as starvation, use of adulterated beeswax, excessive use of syrup, inappropriate colony controls, feeding bees with artificial food, and swarming are effective in the formation of the disease. Improper cleaning of the hive by the bees is also one of the factors causing the disease [92]. There is an inverse relationship between bacteria and fungi. Antibiotics used to kill bacteria create favorable conditions for fungi to spread the disease. Spores of fungi are found on plants, in the soil, and between the body hairs of foraging bees, which are responsible for collecting pollen and honey. The fungi do not cause disease in adult bees but are transmitted to larvae by worker bees through food. Larvae are not infected for the first three days as they feed on royal jelly. When the bee larvae are 4-5 days old in open comb cells, infection is observed. As time progresses, the danger of the larvae becoming infected decreases. Deaths are most common during the mature larval and pupal stages. No chemicals or drugs are recommended for lime disease. In colonies with good cleaning behavior, larvae that tend to mummify or mummify are expelled from the hive by the worker bees in a short time. The diseased combs should be replaced with new combs in a short time so that the severity of the disease will be reduced [90]. Lines resistant to this disease should be used. Hives should be well-ventilated. The amount of moisture in the hive should remain at a certain level. Honeycombs from sick colonies should not be transferred to healthy colonies. Controls of colonies should not be carried out in the spring months when the weather is cool, and if it is necessary, the hive should not remain open for a long time. Perennial comb should not be used in colonies. The queens of sick colonies should be replaced with queens from healthy colonies. Work with strong colonies and young bees because weak colonies catch the disease faster.

5.2. Stone disease

It is also known as Stone Rot or Stonebrood. It is a rare disease [93]. The causative agent of this disease is a type of mold fungus called *Aspergillus flavus* [94]. This agent causes disease in adult and juvenile bees and causes death by infecting them. In the early stages of the disease, it is very difficult to diagnose the disease [95]. Besides *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, and other *Aspergillus* species can also cause this disease [96]. These causal fungi are found in plants and soil. The disease affects the internal organs of the larvae and causes them to die. The larvae die in the closed honeycomb cells before entering the pupal stage. The larvae and pupae that carry the disease transform. *Aspergillus* first reproduces in the digestive tract. Then they gradually spread, covering the entire larva within a few days. After death, the larvae turn into mummies that are hard and hard to break like Stones [97]. The causative fungus

causes the body wall of the larva to burst, forming a false outer shell. Meanwhile, the outer surfaces of the larvae are covered with yellow fungal spores [98]. Bees that clean the honeycomb cells carry these spores and transmit the disease to other larvae, causing the disease to spread within the colony. Symptoms of the disease; bees look sluggish and restless. They have difficulty flying and are weak. The abdomen of the bees enlarges. The dead larvae and pupae dry up and become mummies. Honeycombs infected with this disease appear green. The spores of these fungi can live in honey and are therefore passed on to people who eat it. It is dangerous to eat honey from infected hives. In humans and other mammals, it causes infection of the upper respiratory tract. High humidity in the hive, disruption of the intestinal flora due to antibiotic use, inadequate ventilation in the hive, increase in the temperature of the hive are important factors in the emergence of the disease. In addition, an increase in the stress rate is also an effective factor in the emergence of the disease [99]. The disease can also be spread by carrying contaminated honeycombs to healthy colonies: There is no chemical treatment for this disease. It is necessary to disinfect the hives in which the disease is detected and burn the honeycombs. Honey infected with the disease is not suitable as food for humans and bees and should not be used. Hives and other tools used should be disinfected. Hive ventilation should be done well, high humidity should be prevented. The queen bee should be replaced.

It is found in the pollen in the honeycomb cells. Another name is pollen fungus. The disease is seen in early spring after the winter season. In hives where this disease is observed, lime disease is observed later. *Bettisia alvei* develops more easily at temperatures lower than 30°C. It multiplies in the pollen in the comb during winter and early spring. Pollen is damaged and wasted. Honeycombs are closed after they are filled with honey, but if the honeycombs are not completely filled with honey or if honey is removed from the honeycombs and closed, a very good environment is created for *Bettisia alvei* to multiply. When the disease takes effect, pollen becomes unusable. Summer heat is not effective for spores. It is more common in weak colonies during cold times. The disease turns pollen into hard and dry particles. The fungus in the honeycombs is gray and is found in pollen clusters. Bees expel these pollen clusters. *Bettisia alvei* is not a problem in healthy colonies. It does not harm the normal cycle of the bees. In warm weather, the problematic pollen is removed from the comb, and the disease is combated. To prevent the onset of *Bettisia alvei*, it is necessary to keep the hives dry and wrapped in winter.

5.4. Other mushrooms

Fungi are usually collected by foraging bees. Most fungi collected by foraging bees cannot survive in hives and are not effective for bees. Some fungi can reproduce after the life of the bees is over and cause mummification of soft tissues. Fungi can be harmful under favorable conditions, but they can be a problem for weak colonies if they are provided with favorable conditions of humidity, temperature, and low ventilation. *Mucor mucedo* and *Trichoderma lignorum* cause disease in adult bees and larvae. *Aspergillus niger* causes disease in queen larvae. *Rhizopus equinus*, seen in adult bees and larvae, is caused by contamination of flowers with horse manure. It is seen in cold countries. *Scopulariopsis brevicaulis*, infected larvae appear black or yellow and are found adhered to the honeycomb walls. The disease disappears when the temperature is effective. *Labyrinthula apis* and *Endomycopsis apis* cause larval death.

6. Honey bee pests

6.1. Yeasts

Yeasts are not considered a disease agent for honey bees. The preservation of bee bread provides growth factors and vitamins. *Candida utilis* is very useful for young bees. Some osmophilic yeasts are fermentation agents in honey and change the structure of honey. As a result, malnutrition is seen in adult bees and larvae and deaths occur.

6.2. Varroa

Varroosis disease is caused by the general pathogen called *Varroa jacobsoni oudemans* [118]. This disease causes deformation of the wings and legs of the bees, shortness of the legs, short abdomen, low productivity, and easier transmission of other diseases. The female varroa is oval in appearance, dark brown in color, and the mouth structure is stinging and sucking. The male ones are yellow or gray in color and round in appearance. It has a softer chitin structure than the female varroa. Male varroas are not seen on the bee when they die after mating with the female. The reproductive period of varroa in colonies starts with the brood period in spring [100]. With the end of the brood period in the fall, the reproduction of varroa also ends. Varroa reproduce and develop in closed brood cells in the colony. Adult female varroes enter the brood cells just before they close and start laying eggs two days later. In the first 24 hours, 6-legged larvae hatch from the eggs. The larva completes its development in 6-7 days if it is male and 8-10 days if it is female. Varroa feeds on the hemolymph of larvae, pupae, and adults, which is the equivalent of blood in invertebrates. As a result, pupae do not develop well and adults are weak and unable to fly (figure 4). The number of drones in the colony drops noticeably. The ability of drones to mate is also considerably reduced. The lifespan of the bees in the colony shortens. Worker bees are smaller than their normal size. This size reduction is more pronounced during the pupation period. Young bees emerging from the cells may have wingless, single, or short wings. In addition to these, abnormalities such as missing legs and a short abdomen are also seen.



Fig 4. (A) examination of drone larvae showing red lava with Varroa mites, (B) Varroa mites on the thorax of drones (Reprinted with permission from [101], Copyright MDPI).

The worker bees' brood care is weakened and therefore the queen's oviposition capacity is reduced. The wounds opened by varroa on the bees to meet their nutritional needs create a favorable environment for various diseases. Since they feed on hemolymph, the resistance of bees against diseases decreases. Since Varroa has many ways of spreading and adapts to colony biology quickly and easily, it becomes difficult to fight. Control methods are classified as physical, biological, and chemical. Physical and biological control is usually carried out in spring and summer, while chemical control is carried out in fall and winter. Varroes die between %74-98 at 46°C. For this reason, in specially prepared hives, the temperature is increased in a controlled manner and the varroas are expected to die and fall to the bottom board. Female varroas prefer drone cells to lay eggs in the spring period. In the spring period, honeycombs with drone cells are placed on the colonies and female varroa are collected in the drone cells. After these eyes close, they are removed from the hive and destroyed. In this way, the eggs laid by the female varroa and the drone pupae are

destroyed. Thanks to this method, it is possible to reduce the number of varroa in the colony. In addition, it continues to be effective because the varroa that multiply in the worker bee cells remain. It is the control of mites with chemicals used for the control of mites. Things to be considered in acaricide applications; Chemical substances that have not been laboratory tested or that have negative results for human or bee health should not be used, the desired drugs should be used as described and in dosage, and acaricide should not be used during the harvest period. Spraying should be done in spring and fall periods, spraying should be done on days when the air temperature is higher than 14°C, and in periods when the bees come from nectar collection, spraying should be done after removing the partitioned boards in the hive to facilitate the contact of the drugs with the bees [102].

6.3. Small hive beetle (*Aethina tumida*)

The small hive beetle, a very dangerous pest, was first found in the USA in 1998. Tens of thousands of colonies were destroyed. The small hive beetle, which spread very rapidly, became the most important problem of American beekeeping in those years. It is thought to have arrived with vegetables and fruits imported from Africa around 1995 [103]. This insect originated from South Africa and belongs to the family Nitidulidae of the order *Aethina tumida Coleoptera* [104], [105], [106]. African bees are not affected by the small hive beetle due to their cleaning properties. Since it is harmless in Africa, it was almost unrecognized until 1988. Physiologically, adults are about 5-7 mm long, 6-legged, reddish brown or black, and have 2 pairs of wings [107], [108]. Their bodies are protected from bee stings by a thick layer of chitin. Covered with very fine hairs, the small hive beetle is very difficult to catch by bees. The adult beetles can fly and move between hives. Flight distances have not been determined. They reproduce by laying eggs. Their eggs, similar to honey bees, are pearl white. They can lay eggs almost all the time except in harsh winters. Larvae are cream-colored, about 11mm long, and about 1.6mm in diameter. The larvae cannot spin cocoons but instead are surrounded by a thick layer of chitin. The thick layer of chitin protects the larvae from bees. They can reproduce continuously in the hive and even take over the hive and neutralize the hive. Larvae use honey and pollen as food [109], [110]. They eat the glaze on the honey and defecate on the honey. Sour, rotten orange-smelling honey flows out of the hive. The bees do not touch this contaminated honey, but if it covers the honeycomb, they move away from the honeycomb. It has been found that bees return only when the honeycomb is cleaned with water. When the adult reaches the size of an insect, it leaves the hive, goes under the soil and the pupation period begins [111]. The pupae are as big as the adult beetle and have an amber or blue color. The life of the small hive beetle begins when the female beetle lays eggs in the honeycomb in an irregular way. The larvae hatch from these eggs in about 2-3 days. Even a very small number of female beetles are effective because they can lay a very large number of eggs. After the larval period lasting 10-16 days, they leave the hive and enter the soil. 3-4 weeks pass after the pupation period begins and adult beetles are formed. The life span of adult beetles is approximately 6 months. Adult beetles lay eggs in their first week. They can produce up to 5 generations per year. There is no control mechanism against the small hive beetle yet. Small hive beetles die when kept at -12 degrees Celsius for 24 hours.

6.4. Bee louse

It is not actually a species of louse but a member of the order *Diptera* [112]. The insect that causes this disease is *Braula coeca* [113],[114]. This is a small, colorful insect. It is shiny and brownish-red in color. This insect has no wings and no eyes. This disease does not harm the bee directly, it is a food partner. Adult bee lice are similar to varroa [115]. They are distinguished from varroa by their three pairs of legs and the licking-sucking mouthparts. Bee lice also have a distinguishable head structure when viewed from the top. They live on worker and queen bees. They survive by clinging to the hairs on the chest of bees. It is very rarely seen on drones. Adult bee lice are found on the chest and mouth parts of bees and steal food from the bees' mouths. They do not live by sucking the blood of bees but by feeding on royal jelly, pollen, and honey [116]. Since royal jelly is their favorite food, they share the food of the queen bee and reduce its performance. The adult bee louse is 1.5 mm long and 1 mm wide. Male lice are smaller than female lice. Adult females of bee lice lay their eggs in the upper part of the comb cells. The egg is white in color and

oval in shape. Bee lice can lay their eggs anywhere in the colony. The larvae that hatch from the eggs pass through the honey glazes and consume the honey, which is their food source. It is more common in the fall and spring. It cannot reproduce in winter. Adult bee lice spend the winter on the bee. It is possible for 15-20 bee lice to live on a queen bee. This causes the queen to stop laying eggs. If more bee lice are found, the queen dies. The disease spreads due to swarming, predation, carrier bees getting confused in their own hives, and colony transplants. The bee louse causes the queen bees to become weak, their ability to lay eggs decreases, and the marketing value of honey decreases due to the deterioration of the honeycombs in the hive. Tobacco smoke is used in the control of bee lice. Cigarette tobacco burned in the bellows is given into the hive through the flight hole. Bee lice, which faint under the influence of smoke, fall to the bottom board and are collected and destroyed. Bromopropylate and formic acid are used as medicines.

6.5. Trachea parasite

It was first detected in England in 1921 by Rennie [117]. After being seen in England, it spread to various regions. It is a parasite called *Acarapis Woodi* and is also known as tracheal mite [118]. There are 3 *Acarapis* species in honey bees and these are *Acarapis woodi*, *Acarapis dorsalis*, and *Acarapis externus*. The harmful species among these species is *Acarapis woodi*. This disease is an internal parasite that settles on the respiratory system of worker bees and can lead the bees to death [119], [120]. It is sometimes seen in queens and drones. It has male and female sexes. It feeds and reproduces in the trachea, the respiratory tract. After the female and male mate, the male tracheal mite dies. The female tracheal mite enters through the first thorax of the adult bee and settles in the trachea. Within 1-2 days she can lay 6-10 eggs in the trachea. The eggs complete their development within 14 days. The larvae hatch from the eggs, pierce the wall of the trachea with their mouthparts, and use the bees' blood as food. This parasite first enters the trachea of 1-4 day-old young bees and sucks their blood. When blood leaks from the trachea, the young bee's trachea becomes blocked or damaged. The bee, deprived of oxygen for these reasons, dies from respiratory failure. The disease has some symptoms. The most important symptom in bees infected with the tracheal mite is the inability of sick bees to fly [121]. They have asymmetrical wing positions. The wings appear drooping. The abdomen appears swollen. The trachea of a healthy bee appears pale, transparent, spotless and clear. The trachea of sick larvae, on the other hand, has crusting, brown spots and a black color depending on the number of mites. The lifespan of an adult tracheal mite is around 30-40 days. In dead bees, the tracheal mite can live for 1-2 days. For their development, 34°C is the optimal temperature. It develops the fastest in winter when it is in the hive. By the end of winter, it has contaminated the bee's trachea with its feces and eggs. When the bee takes its first flight, it moves a certain distance away from the hive and becomes unable to breathe air due to the clogged and damaged trachea, and death occurs. Domestic Anatolian breed bees do not get this disease because they are resistant to the parasite that causes the disease. For the diagnosis of the disease, diseased bees should be examined in the laboratory and a definite conclusion should be reached afterwards. Treatment methods used in varroa disease can be used in its treatment.

6.6. Lepidoptera

6.6.1. Large wax moth

Galleria mellonellae, known by different names such as bee moth, honeycomb moth, large wax moth, etc., cause damage to honey and combs [122],[123]. It is usually found in weak bee colonies without queen bees and weakened bee colonies [124]. In weak colonies, there is a decrease in brood, honey, and pollen production due to the residues and nets of *Galleria mellonella*. When the temperature increases, hives begin to die out. The development of the moth is accelerated by lack of food, absence of queen bees, varroa, and pesticide poisoning in colonies. Large wax moth is found all over the world [125]. Its harmfulness disappears at high altitudes. Its presence decreases when the altitude is above 1000 meters, and it cannot survive when the altitude exceeds 1500 meters. In Turkey, it is found in regions with warm and mild climates.

6.6.2. Small wax moth (*Achroia Grisella*)

It is also known for its *Achroia grisella* [126], [127], [128]. It is more harmless than the large wax moth. It is effective in weak colonies [129]. Its physical characteristics are light yellow on the head, silver gray on the body and male moths are 10mm in size and female moths are 13mm in size. Females usually live for 7 days and produce 250-300 eggs during their lifetime. The developmental stage is similar to that of the large wax moth and it makes tunnels made of silk. The small wax moth eats combs with young, honey, pollen, bee brood, and beeswax [130]. It does not cause as much damage as the large wax moth. In hives with the small wax moth, the comb cells are not closed even though there are bee larvae in the comb cells. The reason for this is that the moth has eaten the honeycomb wall and made a hole, and the worker bees remove the entire honeycomb wall instead of repairing the hole. The honeycombs that remain open contain moth feces, and the bee larvae that can grow under these conditions show developmental disorders.

6.6.3. Bumble bee wax moth

Aphomia sociella, the Bumble Bee wax moth, is found in Europe and Asia [131], [132]. It is found in the nests of bumblebees and rarely in honey bee colonies. Adults are slightly smaller than the large wax moth. Mature larvae are yellow and 22-30 mm in size. Larvae eat bee eggs, larvae, pupae, pollen, and honey [133].

6.6.4. Deadhead moth

Acherontia atropos feeds by eating honey or nectar in bee colonies. The deadhead moth attacks bee colonies in the evening and stays inside. Sometimes dead moths are found inside the hive.

6.7. Ants

Ants, which live in almost every region of the world, can be a problem for honey bees. The carpenter ant gnaws the wooden parts of the hives. When other ants find the opportunity, they enter the hive and eat the honey, pollen and baby bees, and when their numbers are dominant, they also eat the adult bees.

6.8. Wasps

Wasps attack colonies in beekeeping regions and cause serious economic consequences. It is a problem in East Asia, Southeast Asia, and the island of Japan. *Apis cerana*, *Apis florea*, and *Apis mellifera* colonies are more affected by wasps.

6.9. Birds

Birds prefer small or large insects for feeding and bees are also in the food chain. Birds are known to hunt bees during migrations, during accommodation, and in the areas where they live.

6.10. Moxibustion beetle (*Meloidea*)

It belongs to the *Coleoptera* order and *Meloidae* family. The most important and harmful species known in our country are *Meloe variegates*, *M. proscarabeus*, *M. vilaceus*, and *M. cavensis*. They act on bees in two different ways. Firstly, they eat eggs and larvae. Secondly, they parasitize mature bees. 1st instar larvae feed on the hemolymph of bees; 2nd

instar larvae consume honey, pollen, bee eggs, and bee larvae as food. The adults of this species do not harm honey bees. Moxibustion beetles are found in various regions such as the Aegean, Mediterranean, Central Anatolia, and Black Sea regions. *Meloe violaceus* Marsham species are effective in the Erzurum region in our country. The length of adult bees is around 22-30 mm. Male bees are smaller and female bees are larger. Moxibustion beetles consume plant leaves and stems as food during their adult stages. However, there is not yet a successful intervention method with the moxibustion beetle [134].

7. Nanotechnology and bee diseases

Nanotechnology science is used in many fields today [135]- [167]. Nanomaterials are reported in the literature to be able to have antibacterial, antifungal, and antiviral properties [168], [169], [170], [171]. The use of nanomaterials smaller than 100 nanometers (nm) for specific purposes has been applied in agricultural, industrial, and medical fields [172]. Therefore, nanotechnology has many potential applications in beekeeping as well as in various fields. Nanotechnology is attracting attention as an advanced tool in the diagnosis and treatment of bee diseases. Targeted and pest-directed therapies formulated with nanoparticles are available. With antimicrobial properties such as silver nanoparticles, they can protect bees against pathogens in a highly functional way [173]. Thus, the positive impact on bee health and lifespan is a remarkable research topic [174]. These technologies have the potential to offer sustainable solutions in beekeeping.

8. Conclusion

Even though beekeeping is a very important sector dating back to the past, there are many inexperienced producers engaged in beekeeping. In addition, bees can be affected by many biotic factors such as ecological and geographical abiotic factors, natural disease agents, and predators. Apart from these reasons that affect the damage of bees, parasites, bacterial, viral, and fungal diseases cause many negativities in the sector. Among these environmental and biological effects, the factors that cause natural diseases in bee colonies cause large colony losses. Therefore, the most important point in bee diseases is to protect the hive with the right information, equipment, and methods. Diseased hives should definitely be separated and transported, weak hives should be combined, and procedures that will strengthen the hive, such as the reinforcement of frames with brood, should be followed meticulously. All equipment used in beekeeping should always be kept clean and go through sterilization stages. Hives should be strengthened and regularly maintained, and bees should be fed with vitamin syrups and cake when necessary. Thus, healthy growth and body resistance of the bees should be increased and the diseases should be minimized. Methods of controlling other predators, insects, and parasites should be sought. Various chemicals, antibiotics, and natural methods are at the top of these control methods. Potassium hypochlorite and 2% formaldehyde solution are the most commonly used in honeycomb disinfection. However, honey and combs in the hive should not be given to the bees after chemical use. Potassium hypochlorite is frequently used for sterilization of metal beekeeping equipment. Other chemicals such as benzalkonium chloride, hydrogen peroxide, and chloramine are used to prevent and treat bee diseases.

Acknowledgments

The authors dedicated this publication to the 100th anniversary of the Republic of Türkiye. As scientists raised by Türkiye, they are proud to be citizens of this country.

Author Contribution

Ebru Halvacı, Mert Gül, Hatice Kars, Teslime Kozak; Writing - original draft, Editing, Formal analysis. Damla İkbali, Alper Özgünlü; Visualisation, Formal analysis Fatih Şen; Writing - review and editing, Verification, Research, Funding

References

- [1] S. Nekoci, M. Rezvan, F. Khamesipour, C. Mayack, M. B. Molento, and P. D. Revainera, "A Systematic Review of Honey Bee Infections and Available Treatment Options," *Vet. Med. Sci.*, vol. 9, no. 4, pp. 1848–1860, Jul. 2023, doi: 10.1002/vms3.1194.
- [2] B. Olas, "Bee Products as Interesting Natural Agents for the Prevention and Treatment of Common Cardiovascular Diseases," *Nutrients*, vol. 14, no. 11, p. 2267, May 2022, doi: 10.3390/nu14112267.
- [3] E. Amiri, M. Strand, O. Rueppell, and D. Tarry, "Queen Quality and the Impact of Honey Bee Diseases on Queen Health: Potential for Interactions between Two Major Threats to Colony Health," *Insects*, vol. 8, no. 2, p. 48, May 2017, doi: 10.3390/insects8020048.
- [4] H. Kim, S.-Y. Park, and G. Lee, "Potential Therapeutic Applications of Bee Venom on Skin Disease and Its Mechanisms: A Literature Review," *Toxins (Basel)*, vol. 11, no. 7, p. 374, Jun. 2019, doi: 10.3390/toxins11070374.
- [5] J. Ebeling, A. Fünfhaus, and S. Gisder, "Special Issue: Honey Bee Pathogens and Parasites," *Vet. Sci.*, vol. 9, no. 10, p. 515, Sep. 2022, doi: 10.3390/vetsci9100515.
- [6] H. Tutun, N. Koç, and A. Kart, "Plant Essential Oils Used Against Some Bee Diseases," *Turkish J. Agric. - Food Sci. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 34–45, Feb. 2018, doi: 10.24925/turjaf.v6i1.34-45.1502.
- [7] P. J. Marín-García, Y. Peyre, A. E. Ahuir-Baraja, M. M. Garjjo, and L. Llobat, "The Role of Nosema Ceranae (Microsporidia: Nosematidae) in Honey Bee Colony Losses and Current Insights on Treatment," *Vet. Sci.*, vol. 9, no. 3, p. 130, Mar. 2022, doi: 10.3390/vetsci9030130.
- [8] M. Goblirsch, "Nosema Ceranae Disease of the Honey Bee (*Apis Mellifera*)," *Apidologie*, vol. 49, no. 1, pp. 131–150, Feb. 2018, doi: 10.1007/s13592-017-0535-1.
- [9] A. G. Dolezal and A. L. Toth, "Feedbacks Between Nutrition and Disease in Honey Bee Health," *Curr. Opin. Insect Sci.*, vol. 26, pp. 114–119, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.cois.2018.02.006.
- [10] M. Sarwar, "Fungal Diseases of Honey Bees (Hymenoptera : Apidae) That Induce Considerable Losses to Colonies and Protocol for Treatment," *Int. J. Zool. Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–13, 2016.
- [11] K. Kuzyšinová, D. Mudroňová, J. Toporčák, L. Molnár, and P. Javorský, "The Use of Probiotics, Essential Oils and Fatty Acids in the Control of American Foulbrood and Other Bee Diseases," *J. Apic. Res.*, vol. 55, no. 5, pp. 386–395, Dec. 2016, doi: 10.1080/00218839.2016.1252067.
- [12] E. Halvacı, T. Kozak, M. Gül, H. Kars, and F. Şen, "Bee Anatomy: A Comprehensive Overview of Bee Morphology and Physiology," / *J. Sci. Reports-B*, vol. 8, pp. 1–19, 2023.
- [13] J. Ebeling *et al.*, "A Comparison of Different Matrices for the Laboratory Diagnosis of the Epizootic American Foulbrood of Honey Bees," *Vet. Sci.*, vol. 10, no. 2, p. 103, Feb. 2023, doi: 10.3390/vetsci10020103.
- [14] M. Djukic *et al.*, "Comparative Genomics and Description of Putative Virulence Factors of *Melissococcus plutonius*, the Causative Agent of European Foulbrood Disease in Honey Bees," *Genes (Basel)*, vol. 9, no. 8, p. 419, Aug. 2018, doi: 10.3390/genes9080419.
- [15] A. Gregorc and B. Sampson, "Diagnosis of Varroa Mite (*Varroa destructor*) and Sustainable Control in Honey Bee (*Apis mellifera*) Colonies," *Diversity*, vol. 11, no. 12, p. 243, Dec. 2019, doi: 10.3390/d11120243.
- [16] K. S. Traynor *et al.*, "Varroa Destructor: A Complex Parasite, Crippling Honey Bees Worldwide," *Trends Parasitol.*, vol. 36, no. 7, pp. 592–606, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.pt.2020.04.004.
- [17] J. M. Flores *et al.*, "Impact of Varroa Destructor and Associated Pathologies On the Colony Collapse Disorder Affecting Honey Bees," *Res. Vet. Sci.*, vol. 135, pp. 85–95, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.rvsc.2021.01.001.
- [18] J. Wegener *et al.*, "Pathogenesis of Varroosis at the Level of the honey bee (*Apis Mellifera*) Colony," *J. Insect Physiol.*, vol. 91–92, pp. 1–9, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.jinsphys.2016.06.004.
- [19] F. Masood *et al.*, "Evaluating Approved and Alternative Treatments Against an Oxytetracycline-Resistant Bacterium Responsible for European Foulbrood Disease in Honey Bees," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, p. 5906, Apr. 2022, doi: 10.1038/s41598-022-09796-4.
- [20] A. J. Burnham, "Scientific Advances in Controlling Nosema Ceranae (Microsporidia) Infections in Honey Bees (*Apis mellifera*)," *Front. Vet. Sci.*, vol. 6, Mar. 2019, doi: 10.3389/fvets.2019.00079.
- [21] J. Belsky, D. J. Biddinger, N. Seiter, and N. K. Joshi, "Various Routes of Formulated Insecticide Mixture Whole-Body Acute Contact Toxicity to Honey Bees (*Apis Mellifera*)," *Environ. Challenges*, vol. 6, p. 100408, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.envc.2021.100408.
- [22] E. Halvacı, T. Kozak, M. Gül, H. Kars, R. Bayat, and F. Şen, "Journey to the Sweet World of Beekeeping : Historical Development , Honey Harvesting and Overview of Bee Products," pp. 39–58, 2024.
- [23] E. Genersch, J. D. Evans, and I. Fries, "Honey bee disease overview," *J. Invertebr. Pathol.*, vol. 103, pp. S2–S4, Jan. 2010, doi: 10.1016/j.jip.2009.07.015.
- [24] J. D. Hitchcock, J. O. Moffett, J. J. Lockett, and J. R. Elliott, "Tylosin for Control of American Foulbrood Disease in Honey Bees134," *J. Econ. Entomol.*, vol. 63, no. 1, pp. 204–207, 1970, doi: 10.1093/jee/63.1.204.

- [25] M. Ye, X. Li, F. Yang, and B. Zhou, "Beneficial bacteria as biocontrol agents for American foulbrood disease in honey bees (*Apis mellifera*)," *J. Insect Sci.*, vol. 23, no. 2, pp. 1–5, 2023, doi: 10.1093/jisesa/iead013.
- [26] J. G. Stephan, J. R. De Miranda, and E. Forsgren, "American foulbrood in a honeybee colony: Spore-symptom relationship and feedbacks," *BMC Ecol.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–14, 2020, doi: 10.1186/s12898-020-00283-w.
- [27] M. Spivak and G. S. Reuter, "Resistance to American foulbrood disease by honey bee colonies *Apis mellifera* bred for hygienic behavior," *Apidologie*, vol. 32, pp. 555–565, 2001.
- [28] E. Borum, "Arıların Yavru Çürüklüğü İnfeksiyonlarında Doğru Teşhis, Mücadele ve Korunma Yöntemleri," vol. 14, no. May, pp. 44–55, 2014.
- [29] Ş. Ö. Uygur and A. O. Girişgin, "Bal Arısı Hastalık ve Zararlıları," *Uludağ Arıcılık Derg.*, vol. 8, no. 4, pp. 130–142, 2008.
- [30] M. López-Urbe and R. Underwood, "Honey Bee Diseases: American Foulbrood," *PenneState Ext.*, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [31] A. T. Truong et al., "Probiotic candidates for controlling *Paenibacillus* larvae, a causative agent of American foulbrood disease in honey bee," *BMC Microbiol.*, vol. 23, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.1186/s12866-023-02902-0.
- [32] M. Moharrami, N. Mojani, M. Bagheri, and S. Toutiaee, "Role of Honey Bee Gut Microbiota in the Control of American Foulbrood and European Foulbrood Diseases," *Arch. Razi Inst.*, vol. 77, no. 4, pp. 1331–1339, 2022, doi: 10.22092/ARI.2022.358073.2146.
- [33] E. Forsgren and A. T. Laugen, "Prognostic value of using bee and hive debris samples for the detection of American foulbrood disease in honey bee colonies," *Apidologie*, vol. 45, no. 1, pp. 10–20, 2014, doi: 10.1007/s13592-013-0225-6.
- [34] R. M. Alonso-Salces et al., "Natural strategies for the control of *Paenibacillus* larvae, the causative agent of American foulbrood in honey bees: a review," *Apidologie*, vol. 48, no. 3, pp. 387–400, 2017, doi: 10.1007/s13592-016-0483-1.
- [35] M. Alburawi, S. K. Abban, J. D. Evans, and Y. P. Chen, "Occurrence and distribution of two bacterial brood diseases (American and European foulbrood) in US honey bee colonies and resistance to antibiotics from 2015 to 2022," *J. Apic. Res.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–10, 2024, doi: 10.1080/00218839.2024.2329854.
- [36] M. F. Feldlaufer, J. S. Pettis, J. P. Kochansky, and G. Stiles, "Lincomycin hydrochloride for the control of American foulbrood disease of honey bees," *Apidologie*, vol. 32, no. 6, pp. 547–554, 2001, doi: 10.1051/apido:2001100.
- [37] H. Hansen and C. J. Brødsgaard, "American foulbrood: A review of its biology, diagnosis and control," *Bee World*, vol. 80, no. 1, pp. 5–23, 1999, doi: 10.1080/0005772X.1999.11099415.
- [38] D. C. De Graaf et al., "Diagnosis of American foulbrood in honey bees: A synthesis and proposed analytical protocols," *Lett. Appl. Microbiol.*, vol. 43, no. 6, pp. 583–590, 2006, doi: 10.1111/j.1472-765X.2006.02057.x.
- [39] B. Bık, J. Szkoła, J. Wilk, P. Artiemjew, and J. Wilde, "In-Field Detection of American Foulbrood (AFB) by Electric Nose Using Classical Classification Techniques and Sequential Neural Networks," *Sensors*, vol. 22, no. 3, p. 1148, Feb. 2022, doi: 10.3390/s22031148.
- [40] I. Abdullah, S. R. Gary, and S. Marla, "Field trial of honey bee colonies bred for mechanisms of resistance against *Varroa destructor*," *Apidologie*, vol. 38, pp. 67–76, 2007, doi: 10.1051/apido.
- [41] A. S. Floyd, B. M. Mott, P. Maes, D. C. Copeland, Q. S. McFrederick, and K. E. Anderson, "Microbial ecology of european foul brood disease in the honey bee (*Apis mellifera*): Towards a microbiome understanding of disease susceptibility," *Insects*, vol. 11, no. 9, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/insects11090555.
- [42] E. Forsgren, G. E. Budge, J. D. Charrière, and M. A. Z. Hornitzky, "Standard methods for European foulbrood research," *J. Apic. Res.*, vol. 52, no. 1, 2013, doi: 10.3896/IBRA.1.52.1.12.
- [43] P. R. S. Rajamanoharan and S. Vivekanandarajah Sathasivampillai, "The role of honey in pediatric treatments in Sri Lankan Siddha medicine," *Uludağ Arıcılık Derg.*, vol. 20, no. 2, pp. 83–90, 2021, doi: 10.31467/uluaricilik.781259.
- [44] E. Forsgren, "European foulbrood in honey bees," *J. Invertebr. Pathol.*, vol. 103, no. SUPPL. 1, pp. S5–S9, 2010, doi: 10.1016/j.jip.2009.06.016.
- [45] O. Lewkowski and S. Erler, "Virulence of *Melissococcus plutonius* and secondary invaders associated with European foulbrood disease of the honey bee," *Microbiologyopen*, vol. 8, no. 3, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1002/mbo3.649.
- [46] M. T. Student et al., "Nevşehir İli Merkez Karşıdağ Mevkii *Apis mellifera* (*Insecta: Hymenoptera: Apidae*) Taksonu Biyoeolojisi ve Morfolojisi Üzerine Araştırma," *Front. Neurosci.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–13, 2021.
- [47] A. Wicaksana and T. Rachman, "Arı Hastalıkları," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 3, no. 1, pp. 10–27, 2018.
- [48] K. Papadopoulou-Karabela, N. Iliadis, V. Liakos, and E. Bourdzy-Hatzopoulou, "Experimental infection of honeybees by *Pseudomonas aeruginosa*," *Apidologie*, vol. 23, no. 5, pp. 393–397, 1992, doi: 10.1051/apido:19920501.
- [49] M. A. Kırpık and C. Kadirhan, "Bacterial Diseases of Honey Bee (*Apis mellifera*)," *Sci. Technique 21st Century*, vol. 2, no. 3, pp. 1–18, 2015.
- [50] Ö. Ertürk and B. Taş, "Bacterial Flora Analysis in Mud Nests of Alien Invasive Wasps (*Sceliphron curvatum* Smith, 1870)," *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg.*, vol. 13, no. 1, pp. 37–43, 2023, doi: 10.54370/ordubtd.1274632.
- [51] H. Q. Zheng and Y. P. Chen, "Detection of *spiroplasma melliferum* in honey bee colonies in the US," *J. Invertebr. Pathol.*, vol. 119, pp. 47–49, 2014, doi: 10.1016/j.jip.2014.03.006.
- [52] M. Sarwar, "Challenges due to bacterial infections of the honey bees and contributions to manage pest problems," *Int. J. Entomol. Res. Issue*, vol. 1, no. 1, pp. 2455–4758, 2016.
- [53] P. E. Lee and B. Furgala, "Electron microscopy of sacbrood virus in situ," *Virology*, vol. 25, no. 3, pp. 387–392, 1965, doi: 10.1016/0042-6822(65)90059-0.
- [54] I. Balkaya, H. Gülbaz, H. Avcioğlu, and E. Güven, "Türkiye’de Görülen Bal Arısı (*Apis mellifera*) Hastalıkları," *Ataturk Univ. Vet. Bilim. Derg.*, vol. 11, no. 3, pp. 339–347, 2016, doi: 10.17094/ataunivbd.282993.
- [55] M. Mingxiao, L. Ming, C. Jian, Y. Song, W. Shude, and L. Pengfei, "Molecular and biological characterization of chinese sacbrood virus

- LN isolate," *Comp. Funct. Genomics*, vol. 2011, 2011, doi: 10.1155/2011/409386.
- [56] P. Tuncer and K. Yeşilbağ, "Bal Arılarının Viral Hastalıkları," *Arı Bilimi / Bee Sci.*, vol. 9, no. November, pp. 149–161, 2009.
- [57] P. Blanchard *et al.*, "Development and validation of a real-time two-step RT-qPCR TaqMan® assay for quantitation of Sacbrood virus (SBV) and its application to a field survey of symptomatic honey bee colonies," *J. Virol. Methods*, vol. 197, pp. 7–13, 2014, doi: 10.1016/j.jviromet.2013.09.012.
- [58] L. Bailey, "The multiplication and spread of sacbrood virus of bees," *Ann. Appl. Biol.*, vol. 63, no. 3, pp. 483–491, 1969, doi: 10.1111/j.1744-7348.1969.tb02844.x.
- [59] W. F. Huang, S. Mehmood, S. Huang, Y. W. Chen, C. Y. Ko, and S. Su, "Phylogenetic analysis and survey of Apis cerana strain of Sacbrood virus (AcSBV) in Taiwan suggests a recent introduction," *J. Invertebr. Pathol.*, vol. 146, pp. 36–40, 2017, doi: 10.1016/j.jip.2017.04.001.
- [60] R. C. Ghosh, B. V. Ball, M. M. Willcocks, and M. J. Carter, "The nucleotide sequence of sacbrood virus of the honey bee: An insect picorna-like virus," *J. Gen. Virol.*, vol. 80, no. 6, pp. 1541–1549, 1999, doi: 10.1099/0022-1317-80-6-1541.
- [61] L. Bailey, A. J. Gibbs, and R. D. Woods, "Sacbrood virus of the larval honey bee (*Apis mellifera* Linnaeus)," *Virology*, vol. 23, no. 3, pp. 425–429, 1964, doi: 10.1016/0042-6822(64)90266-1.
- [62] B. Arıcı, "Tokat ve Ordu İllerindeki Bal Arılarında (*Apis mellifera* L.) Deforme Kanat Virüsü (DWV) ve Tulumsuz Yavru Çürüklüğü Virüsü (SBV) Varlığının Araştırılması," vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2009.
- [63] J. R. de Miranda, G. Cordon, and G. Budge, "The Acute bee paralysis virus-Kashmir bee virus-Israeli acute paralysis virus complex," *J. Invertebr. Pathol.*, vol. 103, no. SUPPL. 1, pp. S30–S47, 2010, doi: 10.1016/j.jip.2009.06.014.
- [64] J. R. de Miranda *et al.*, "Complete nucleotide sequence of Kashmir bee virus and comparison with acute bee paralysis virus," *J. Gen. Virol.*, vol. 85, no. 8, pp. 2263–2270, 2004, doi: 10.1099/vir.0.79990-0.
- [65] M. F. Allen and B. V. Ball, "Characterisation and serological relationships of strains of Kashmir bee virus," *Ann. Appl. Biol.*, vol. 126, no. 3, pp. 471–484, 1995, doi: 10.1111/j.1744-7348.1995.tb05382.x.
- [66] G. E. Budge *et al.*, "Chronic bee paralysis as a serious emerging threat to honey bees," *Nat. Commun.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.1038/s41467-020-15919-0.
- [67] A. Güller, M. Usta, G. Çakar, and Z. Kurt, "Molecular characterization of Deformed wing viruses identified in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies in Erzincan province of Turkey," *Eur. J. Sci. Technol.*, vol. 2021, no. 27, pp. 186–192, 2021, doi: 10.31590/ejosat.951040.
- [68] Ş. Kızıltepe, R. Akpınar, A. Akman, S. Kaya, and S. N. Çelik, "İğdır İlinde Görülen Arı Kolonisi Kayıplarında Viral ve Paraziter Etkenlerin Rolü," *İğdır Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 13, no. 2, pp. 858–871, 2023, doi: 10.21597/jist.1184308.
- [69] Y. Yıldırım, "Bal Arılarının Viral Hastalıkları," *Cukurova Univ. Agric. Fac.*, vol. 1, no. 35, pp. 57–66, 2020, doi: 10.36846/cjafs.2020.18.
- [70] A. Balkaya, A. Güller, M. Usta, and Z. Kurt, "Prevalence of Deformed wing virus and Chronic bee paralysis virus in Honey Bee Colonies of Bingöl province, Turkey," *İğdır Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 13, no. 1, pp. 44–53, 2023, doi: 10.21597/jist.1059418.
- [71] S. Gisder and E. Genersch, "Direct Evidence for Infection of Varroa destructor Mites with the Bee-Pathogenic Deformed Wing Virus Variant B, but Not Variant A, via Fluorescence In Situ Hybridization Analysis," *J. Virol.*, vol. 95, no. 5, 2021, doi: 10.1128/jvi.01786-20.
- [72] F. S. de Souza, M. H. Allsopp, and S. J. Martin, "Deformed wing virus prevalence and load in honeybees in South Africa," *Arch. Virol.*, vol. 166, no. 1, pp. 237–241, 2021, doi: 10.1007/s00705-020-04863-5.
- [73] J. L. Kevill, K. C. Stainton, D. C. Schroeder, and S. J. Martin, "Deformed wing virus variant shift from 2010 to 2016 in managed and feral UK honey bee colonies," *Arch. Virol.*, vol. 166, no. 10, pp. 2693–2702, 2021, doi: 10.1007/s00705-021-05162-3.
- [74] M. Gürçay and M. A. Kutlu, "Important Viruses of Honey Bees," *Int. J. Food, Agric. Anim. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 29–41, 2022.
- [75] S. Bhatia, S. S. Baral, C. Vega Melendez, E. Amiri, and O. Rueppell, "Comparing survival of israeli acute paralysis virus infection among stocks of U.S. honey bees," *Insects*, vol. 12, no. 1, pp. 1–13, 2021, doi: 10.3390/insects12010060.
- [76] L. Bailey, "The Epidemiology and Control of Nosema Disease of the Honey-Bee," *Ann. Appl. Biol.*, vol. 43, no. 3, pp. 379–389, 1955, doi: 10.1111/j.1744-7348.1955.tb02488.x.
- [77] Y. Chen *et al.*, "Asymmetrical coexistence of Nosema ceranae and Nosema apis in honey bees," *J. Invertebr. Pathol.*, vol. 101, no. 3, pp. 204–209, 2009, doi: 10.1016/j.jip.2009.05.012.
- [78] R. Galajda, A. Valenčáková, M. Sučík, and P. Kandrácová, "Nosema disease of european honey bees," *J. Fungi*, vol. 7, no. 9, 2021, doi: 10.3390/jof7090714.
- [79] D. L. Miller, E. A. Smith, and I. L. G. Newton, "A bacterial symbiont protects honey bees from fungal disease," *MBio*, vol. 12, no. 3, pp. 2–7, 2021, doi: 10.1128/mBio.00503-21.
- [80] I. Fries, "Nosema Apis- A Parasite in the Honey Bee Colony," *Bee World*, vol. 74, no. 1, pp. 5–19, 1993, doi: 10.1080/0005772X.1993.11099149.
- [81] H. S. Abdulhay and M. I. Yonius, "Effects of diseases and pests on honey bee (*Apis mellifera*) in different parts in Baghdad city, Iraq," *Plant Arch.*, vol. 20, pp. 220–223, 2020.
- [82] I. Fries *et al.*, "Standard methods for Nosema research," *J. Apic. Res.*, vol. 52, no. 1, pp. 1–28, 2013, doi: 10.3896/IBRA.1.52.1.14.
- [83] D. Y. Kim *et al.*, "The Ascospaera Apis Infection (Chalkbrood Disease) Alters the Gut Bacteriome Composition of the Honeybee," *Pathogens*, vol. 12, no. 5, p. 734, May 2023, doi: 10.3390/pathogens12050734.
- [84] İ. Seven and P. Tatlı Seven, "Teknik Arıcılıkta Kritik Bakım ve Besleme Uygulamaları," *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilim. Vet. Derg.*, vol. 32, no. 2, pp. 147–154, 2018.
- [85] A. Zerek, "Hatay İli Arıcılık İşletmelerinde Nosema ve Amoeba Enfeksiyonlarının Yaygınlığı," *Turkish J. Agricultural Nat. Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. 976–981, 2022.
- [86] D. R. Kugonza, "Africa under attack: a continent-wide mapping of pathogens, parasites and predators afflicting the hived honey bee Apis

- mellifera L.(Hymenoptera: Apidae).” *African J. Rural Dev.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–27, 2021.
- [87] M. Rossi, S. R. Ott, and J. E. Niven, “Malpighamoeba infection compromises fluid secretion and P-glycoprotein detoxification in Malpighian tubules,” *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-72598-z.
- [88] N. Şahinler and A. Gül, “Investigation of Bee Diseases in Beekeeping Enterprises in Hatay Province,” *Uludağ Bee J.*, vol. 1, no. 5, pp. 27–31, 2005.
- [89] H. Şimşek, “Elazığ Yöresi Bal Arılarında Bazı Parazit ve Mantar Hastalıklarının Araştırılması,” pp. 123–126, 2005.
- [90] A. E. Borum and M. Ülgen, “Güney Marmara Bölgesinde Bal Arılarının Chalkbrood (*Ascosphaera Apis*) Enfeksiyonunda Predispozisyon Faktörleri Predisposing Factors for Chalkbrood (*Ascosphaera apis*) Infection in Honey Bees in Northwest Turkey,” *Arı Bilimi / Bee Sci.*, vol. 10, no. May, pp. 56–69, 2010.
- [91] K. A. Aronstein and K. D. Murray, “Chalkbrood disease in honey bees,” *J. Invertebr. Pathol.*, vol. 103, no. SUPPL. 1, pp. S20–S29, 2010, doi: 10.1016/j.jip.2009.06.018.
- [92] U. Lermi, “Bartın Yöresi Bal Arısı (*Apis Mellifera L.*) Zararlıları ve Hastalıkları,” vol. 2, no. 5, pp. 1–179, 2010.
- [93] A. B. Jensen, K. Aronstein, J. M. Flores, S. Vojvodic, M. A. Palacio, and M. Spivak, “Standard methods for fungal brood disease research,” *J. Apic. Res.*, vol. 52, no. 1, 2013, doi: 10.3896/IBRA.1.52.1.13.
- [94] J. B. Benoit, J. A. Yoder, D. Sammataro, and L. W. Zettler, “Mycoflora and fungal vector capacity of the parasitic mite varroa destructor (mesostigmata: Varroidae) in honey bee (hymenoptera: Apidae) colonies,” *Int. J. Acarol.*, vol. 30, no. 2, pp. 103–106, 2004, doi: 10.1080/01647950408684376.
- [95] A. M. Shehabeldine, A. H. Hashem, and A. I. Hasaballah, “Antagonistic effect of gut microbiota of the Egyptian honeybees, *Apis mellifera L.* against the etiological agent of Stonebrood disease,” *Int. J. Trop. Insect Sci.*, vol. 42, no. 2, pp. 1357–1366, 2022, doi: 10.1007/s42690-021-00654-w.
- [96] K. Foley, G. Fazio, A. B. Jensen, and W. O. H. Hughes, “The distribution of *Aspergillus* spp. opportunistic parasites in hives and their pathogenicity to honey bees,” *Vet. Microbiol.*, vol. 169, no. 3–4, pp. 203–210, 2014, doi: 10.1016/j.vetmic.2013.11.029.
- [97] M. N. Shoreit and M. M. K. Bagy, “Mycoflora associated with stonebrood disease in honeybee colonies in Egypt,” *Microbiol. Res.*, vol. 150, no. 2, pp. 207–211, 1995, doi: 10.1016/S0944-5013(11)80058-3.
- [98] A. Alizadeh and M. S. Mossadegh, “Stonebrood and some other fungi associated with *Apis florea* in iran,” *J. Apic. Res.*, vol. 33, no. 4, pp. 213–218, 1994, doi: 10.1080/00218839.1994.11100874.
- [99] S. Vojvodic, A. B. Jensen, R. R. James, J. J. Boomsma, and J. Eilenberg, “Temperature dependent virulence of obligate and facultative fungal pathogens of honeybee brood,” *Vet. Microbiol.*, vol. 149, no. 1–2, pp. 200–205, 2011, doi: 10.1016/j.vetmic.2010.10.001.
- [100] A. Noël, Y. Le Conte, and F. Mondet, “Varroa destructor: How does it harm *Apis mellifera* honey bees and what can be done about it?,” *Emerg. Top. Life Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 45–57, 2020, doi: 10.1042/ETLS20190125.
- [101] J. Dittes, H. Aupperle-Lellbach, M. O. Schäfer, C. K. W. Mülling, and I. U. Emmerich, “Veterinary Diagnostic Approach of Common Virus Diseases in Adult Honeybees,” *Vet. Sci.*, vol. 7, no. 4, p. 159, Oct. 2020, doi: 10.3390/vetsci7040159.
- [102] A. J. Mohammed, K. Abdul, and R. Fhad, “Evaluation Of Oils And Extracts Of Some Natural Materials In The Management Of Varroa Jacobsoni Oudemans Mites On *Apis Mellifera* Honey Bees In Basrah Province,” *Volatiles Essent. Oils*, vol. 9, no. 1, pp. 561–574, 2022.
- [103] L. Aydin, “*Aethina tumida* (Small Hive Beetle; SHB) and *Tropilaelaps* spp. Mite; an emerging threat to Turkey Honey Bees,” *Ankara Univ. Vet. Fak. Derg.*, vol. 69, no. 3, pp. 347–354, 2022, doi: 10.33988/auvfd.1019154.
- [104] A. O. Girişgin, L. Aydin, and Y. E. Yörük, “Hypothetical study of Small Hive Beetle *Aethina tumida* Infestation in Honeybees, Risk Commodities and Probabilities for Its Introduction in Türkiye,” *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, vol. 28, no. 6, pp. 733–737, 2022, doi: 10.9775/kvfd.2022.28027.
- [105] A. Nanetti, J. D. Ellis, I. Cardaio, and G. Cilia, “Detection of lotmaria passim, crithidia mellificae and replicative forms of deformed wing virus and kashmir bee virus in the small hive beetle (*Aethina tumida*),” *Pathogens*, vol. 10, no. 3, 2021, doi: 10.3390/pathogens10030372.
- [106] Z. A. Jamal et al., “Future expansion of small hive beetles, *Aethina tumida*, towards North Africa and South Europe based on temperature factors using maximum entropy algorithm,” *J. King Saud Univ. - Sci.*, vol. 33, no. 1, p. 101242, 2021, doi: 10.1016/j.jksus.2020.101242.
- [107] P. Neumann, J. S. Pettis, and M. O. Schäfer, “Quo vadis *Aethina tumida*? Biology and control of small hive beetles,” *Apidologie*, vol. 47, no. 3, pp. 427–466, 2016, doi: 10.1007/s13592-016-0426-x.
- [108] H. Hernández Torres, A. Georgievich Kirejtshuk, C. Núñez Vázquez, and O. García Martínez, “On *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae: Nitidulinae) in hives of *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) in Campeche, México,” *J. Apic. Res.*, vol. 62, no. 2, pp. 326–329, 2023, doi: 10.1080/00218839.2021.1889223.
- [109] A. Karahan, M. A. Kutlu, E. Zengin, and İ. Karaca, “Awareness of Beekeepers About the Small Hive Beetle [*Aethina tumida* (Murray , 1867) (Coleoptera : Nitidulidae)], Which is A Threat to Beekeeping in Turkey,” *BinBee Arı ve Doğal Ürünler Derg.*, vol. 1, no. January, pp. 19–28, 2022.
- [110] L. Wu, L. Li, Y. Xu, Q. Li, F. Liu, and H. Zhao, “Identification and characterization of CYP307A1 as a molecular target for controlling the small hive beetle, *Aethina tumida*,” *Pest Manag. Sci.*, vol. 79, no. 1, pp. 37–44, 2023, doi: 10.1002/ps.7146.
- [111] G. F. de Landa et al., “Pathogens Detection in the Small Hive Beetle (*Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae)),” *Neotrop. Entomol.*, vol. 50, no. 2, pp. 312–316, 2021, doi: 10.1007/s13744-020-00812-8.
- [112] A. C. Croce and F. Scolari, “Autofluorescent Biomolecules in Diptera: From Structure to Metabolism and Behavior,” *Molecules*, vol. 27, no. 14, pp. 1–27, 2022, doi: 10.3390/molecules27144458.
- [113] M. M. Keshlaf, H. B. Mirwan, S. Ghana, S. Mubrok, and T. Shaibi, “Prevalence of Varroa mites (*Varroa destructor* Anderson & Trueman) and bee lice (*Bruala coeca* Nitzsch) in honey bee (*Apis mellifera L.*) colonies in Libya,” *Open Vet. J.*, vol. 13, no. 7, pp. 834–838, 2023, doi: 10.5455/OVJ.2023.v13.i7.4.
- [114] K. Gratzner, K. Wakjira, S. Fiedler, and R. Brodschneider, “Challenges and perspectives for beekeeping in Ethiopia,” *Agron. Sustain.*

- Dev., vol. 41, no. 4, pp. 2–10, 2021, doi: 10.1007/s13593-021-00702-2.
- [115] T. H. Büscher *et al.*, “The exceptional attachment ability of the ectoparasitic bee louse *Braula coeca* (Diptera, Braulidae) on the honeybee,” *Physiol. Entomol.*, vol. 47, no. 2, pp. 83–95, 2022, doi: 10.1111/phen.12378.
- [116] M. Z. Sharif, X. Jiang, and S. M. Puswal, “Pests, parasitoids, and predators: Can they degrade the sociality of a honeybee colony, and be assessed via acoustically monitored systems,” *J. Entomol. ...*, vol. 8, no. 3, pp. 1248–1260, 2020.
- [117] M. Pietropaoli *et al.*, “Molecular Detection of *Acarapis woodi* Using Hive Debris as Innovative and Non-Invasive Matrix,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 6, pp. 10–14, 2022, doi: 10.3390/app12062837.
- [118] Y. Sakamoto, T. Maeda, M. Yoshiyama, F. Konno, and J. S. Pettis, “Differential autogrooming response to the tracheal mite *Acarapis woodi* by the honey bees *Apis cerana* and *Apis mellifera*,” *Insectes Soc.*, vol. 67, no. 1, pp. 95–102, 2020, doi: 10.1007/s00040-019-00732-w.
- [119] C. M. Peixoto, M. E. Correia-Oliveira, and C. A. L. De Carvalho, “Current Status of *Acarapis woodi* Mite Infestation in Africanized Honey Bee *Apis mellifera* in Brazil,” *Florida Entomol.*, vol. 102, no. 4, pp. 775–777, 2019, doi: 10.1653/024.102.0416.
- [120] V. V. Stolbova, “Current state of *Acarapis* Hirst mites (Acariformes, Tarsonemidae) distribution and honeybees infestation in Russia,” *Ukr. J. Ecol.*, vol. 11, no. 1, pp. 291–298, 2021, doi: 10.15421/2021.
- [121] S. Takashima, Y. Ohari, and T. Itagaki, “The prevalence and molecular characterization of *Acarapis woodi* and *Varroa destructor* mites in honeybees in the Tohoku region of Japan,” *Parasitol. Int.*, vol. 75, no. December 2019, p. 102052, 2020, doi: 10.1016/j.parint.2020.102052.
- [122] I. Serrano, C. Verdial, L. Tavares, and M. Oliveira, “The Virtuous *Galleria mellonella* Model for Scientific Experimentation,” *Antibiotics*, vol. 12, no. 3, pp. 1–25, 2023, doi: 10.3390/antibiotics12030505.
- [123] S. S. Saikia, B. K. Borah, G. Baruah, Rokozeno, and M. K. Deka, “Characterization of the gut microbes of greater wax moth (*Galleria mellonella* Linnaeus) shows presence of potential polymer degraders,” *Folia Microbiol. (Praha)*, vol. 67, no. 1, pp. 133–141, 2022, doi: 10.1007/s12223-021-00925-6.
- [124] E. Özgör, “The effects of nosema apis and nosema ceranae infection on survival and phenoloxidase gene expression in *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Galleriidae) compared to *Apis mellifera*,” *Insects*, vol. 12, no. 10, 2021, doi: 10.3390/insects12100953.
- [125] E. M. Hosni, A. A. Al-Khalaf, M. G. Nasser, H. F. Abou-Shaara, and M. H. Radwan, “Modeling the Potential Global Distribution of Honeybee Pest, *Galleria mellonella* under Changing Climate,” *Insects*, vol. 13, no. 5, 2022, doi: 10.3390/insects13050484.
- [126] A. A. Egelie, A. N. Mortensen, L. Barber, J. Sullivan, and J. D. Ellis, “Lesser Wax Moth *Achroia grisella* Fabricius (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae),” *Entomol. Nematol. Univ. Florida*, pp. 1–4, 2015.
- [127] Y. Liu, G. Li, and J. Long, “The complete mitochondrial genome of small wax moth, *Achroia grisella* (Pyralidae: Galleriinae),” *Mitochondrial DNA Part B Resour.*, vol. 7, no. 5, pp. 738–740, 2022, doi: 10.1080/23802359.2022.2068984.
- [128] L. Díaz-García, A. Reid, J. Jackson-Camargo, and J. Windmill, “Directional passive acoustic structures inspired by the ear of *Achroia grisella*,” *Proc. Meet. Acoust.*, vol. 50, no. 1, pp. 1–3, 2022, doi: 10.1121/2.0001715.
- [129] Chandresh B. Solanki, Birari Vaishali V., Manishkumar J. Joshi, and Prithiv Raj V., “Enemies of Honey bees and their Management,” *Agric. FOOD e-Newsletter*, vol. 2, no. 4, pp. 56–58, 2020.
- [130] P. Sabatina, G. Umapathy, and P. A. Saravanan, “Parasitisation Potential Of Egg And Larval Parasitoids Against Lesser Wax Moth *Achroia grisella* F. (Lepidoptera: Pyralidae) Under Stored Condition,” *Uludağ Arıcılık Derg.*, vol. 23, no. 2, pp. 215–223, 2023, doi: 10.31467/uluaricilik.1353063.
- [131] E. A. Wallin, B. Kalinová, J. Kindl, E. Hedenström, and I. Valterová, “Stereochemistry of two pheromonal components of the bumblebee wax moth, *Aphomia sociella*,” *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-59069-1.
- [132] H. K. Sharma *et al.*, “Seasonal incidence, epidemiology and establishment of different pests and disease in laboratory reared *Bombus haemorrhoidalis* Smith,” *Int. J. Trop. Insect Sci.*, vol. 41, no. 4, pp. 2555–2564, 2021, doi: 10.1007/s42690-021-00435-5.
- [133] S. E. Schweiger, N. Beyer, A. L. Hass, and C. Westphal, “Pollen and landscape diversity as well as wax moth depredation determine reproductive success of bumblebees in agricultural landscapes,” *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 326, no. April 2021, p. 107788, 2022, doi: 10.1016/j.agee.2021.107788.
- [134] L. Aydın and S. Özgür, “Bal Arılarında Bulunan Az Önemli Zararlı Artropodlar (Eklembacaklılar),” *Uludağ Arıcılık Derg.*, vol. 12, no. May, pp. 40–54, 2012.
- [135] K. Arıkan, H. Burhan, E. Sahin, and F. Sen, “A sensitive, fast, selective, and reusable enzyme-free glucose sensor based on monodisperse AuNi alloy nanoparticles on activated carbon support,” *Chemosphere*, vol. 291, p. 132718, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.132718.
- [136] F. Karimi *et al.*, “Efficient green photocatalyst of silver-based palladium nanoparticles for methyle orange photodegradation, investigation of lipid peroxidation inhibition, antimicrobial, and antioxidant activity,” *Food Chem. Toxicol.*, vol. 169, p. 113406, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.fct.2022.113406.
- [137] F. Göl, A. Aygün, A. Seyrankaya, T. Gür, C. Yenikaya, and F. Şen, “Green synthesis and characterization of *Camellia sinensis* mediated silver nanoparticles for antibacterial ceramic applications,” *Mater. Chem. Phys.*, vol. 250, p. 123037, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.matchemphys.2020.123037.
- [138] R. Nagraik, A. Sharma, D. Kumar, S. Mukherjee, F. Sen, and A. P. Kumar, “Amalgamation of biosensors and nanotechnology in disease diagnosis: Mini-review,” *Sensors Int.*, vol. 2, p. 100089, 2021, doi: 10.1016/j.sintl.2021.100089.
- [139] Y. Wu *et al.*, “Hydrogen generation from methanolysis of sodium borohydride using waste coffee oil modified zinc oxide nanoparticles and their photocatalytic activities,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 48, no. 17, pp. 6613–6623, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.ijhydene.2022.04.177.
- [140] K. Arıkan, H. Burhan, R. Bayat, and F. Sen, “Glucose nano biosensor with non-enzymatic excellent sensitivity prepared with nickel–

- cobalt nanocomposites on f-MWCNT,” *Chemosphere*, vol. 291, p. 132720, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.132720.
- [141] H. Karimi-Maleh, K. Cellat, K. Arıkan, A. Savk, F. Karimi, and F. Şen, “Palladium–Nickel nanoparticles decorated on Functionalized-MWCNT for high precision non-enzymatic glucose sensing,” *Mater. Chem. Phys.*, vol. 250, p. 123042, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.matchemphys.2020.123042.
- [142] E. Demir, A. Savk, B. Sen, and F. Sen, “A novel monodisperse metal nanoparticles anchored graphene oxide as Counter Electrode for Dye-Sensitized Solar Cells,” *Nano-Structures & Nano-Objects*, vol. 12, pp. 41–45, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.nanoso.2017.08.018.
- [143] A. Aygun, G. Sahin, R. N. E. Tiri, Y. Tekeli, and F. Sen, “Colorimetric sensor based on biogenic nanomaterials for high sensitive detection of hydrogen peroxide and multi-metals,” *Chemosphere*, vol. 339, p. 139702, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.139702.
- [144] B. Sen, S. Kuzu, E. Demir, T. Onal Okyay, and F. Sen, “Hydrogen liberation from the dehydrocoupling of dimethylamine–borane at room temperature by using novel and highly monodispersed RuPtNi nanocatalysts decorated with graphene oxide,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 36, pp. 23299–23306, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.04.213.
- [145] “Front Matter,” in *Nanomaterials for Direct Alcohol Fuel Cells*, Elsevier, 2021, pp. i–ii. doi: 10.1016/B978-0-12-821713-9.09990-X.
- [146] H. Goksu, Y. Yıldız, B. Çelik, M. Yazici, B. Kilbas, and F. Sen, “Eco-friendly hydrogenation of aromatic aldehyde compounds by tandem dehydrogenation of dimethylamine-borane in the presence of a reduced graphene oxide furnished platinum nanocatalyst,” *Catal. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 7, pp. 2318–2324, 2016, doi: 10.1039/C5CY01462J.
- [147] N. Lolak, E. Kuyuldar, H. Burhan, H. Goksu, S. Akocak, and F. Sen, “Composites of Palladium–Nickel Alloy Nanoparticles and Graphene Oxide for the Knoevenagel Condensation of Aldehydes with Malononitrile,” *ACS Omega*, vol. 4, no. 4, pp. 6848–6853, Apr. 2019, doi: 10.1021/acsomega.9b00485.
- [148] F. Şen and G. Gökağaç, “Improving Catalytic Efficiency in the Methanol Oxidation Reaction by Inserting Ru in Face-Centered Cubic Pt Nanoparticles Prepared by a New Surfactant, tert -Octanethiol,” *Energy & Fuels*, vol. 22, no. 3, pp. 1858–1864, May 2008, doi: 10.1021/ef700575t.
- [149] Z. Ozturk, F. Sen, S. Sen, and G. Gokagac, “The preparation and characterization of nano-sized Pt–Pd/C catalysts and comparison of their superior catalytic activities for methanol and ethanol oxidation,” *J. Mater. Sci.*, vol. 47, no. 23, pp. 8134–8144, Dec. 2012, doi: 10.1007/s10853-012-6709-3.
- [150] F. Sen, A. A. Boghossian, S. Sen, Z. W. Ulissi, J. Zhang, and M. S. Strano, “Observation of Oscillatory Surface Reactions of Riboflavin, Trolox, and Singlet Oxygen Using Single Carbon Nanotube Fluorescence Spectroscopy,” *ACS Nano*, vol. 6, no. 12, pp. 10632–10645, Dec. 2012, doi: 10.1021/nn303716n.
- [151] E. Erken, Y. Yıldız, B. Kilbaş, and F. Şen, “Synthesis and Characterization of Nearly Monodisperse Pt Nanoparticles for C 1 to C 3 Alcohol Oxidation and Dehydrogenation of Dimethylamine-borane (DMAB),” *J. Nanosci. Nanotechnol.*, vol. 16, no. 6, pp. 5944–5950, Jun. 2016, doi: 10.1166/jnn.2016.11683.
- [152] B. Demirkan *et al.*, “Palladium supported on polypyrrole/reduced graphene oxide nanoparticles for simultaneous biosensing application of ascorbic acid, dopamine, and uric acid,” *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, p. 2946, Feb. 2020, doi: 10.1038/s41598-020-59935-y.
- [153] B. Demirkan *et al.*, “Composites of Bimetallic Platinum–Cobalt Alloy Nanoparticles and Reduced Graphene Oxide for Electrochemical Determination of Ascorbic Acid, Dopamine, and Uric Acid,” *Sci. Rep.*, vol. 9, no. 1, p. 12258, Aug. 2019, doi: 10.1038/s41598-019-48802-0.
- [154] S. Ertan, F. Şen, S. Şen, and G. Gökağaç, “Platinum Nanocatalysts Prepared With Different Surfactants for C1–C3 Alcohol Oxidations and Their Surface Morphologies by AFM,” *J. Nanoparticle Res.*, vol. 14, no. 6, p. 922, Jun. 2012, doi: 10.1007/s11051-012-0922-5.
- [155] B. Şen, A. Aygün, A. Savk, S. Akocak, and F. Şen, “Corrigendum to ‘Bimetallic palladium–iridium alloy nanoparticles as highly efficient and stable catalyst for the hydrogen evolution reaction’ [Int J Hydrogen Energy 43 (2018) 20183–20191],” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 46, no. 39, p. 20792, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.ijhydene.2021.04.166.
- [156] B. Şen, A. Aygün, T. O. Okyay, A. Şavk, R. Kartop, and F. Şen, “Monodisperse Palladium Nanoparticles Assembled on Graphene Oxide With the High Catalytic Activity and Reusability in the Dehydrogenation of Dimethylamine Borane,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 43, no. 44, pp. 20176–20182, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.ijhydene.2018.03.175.
- [157] F. Şen and G. Gökağaç, “Pt Nanoparticles Synthesized With New Surfactants: Improvement in C1–C3 Alcohol Oxidation Catalytic Activity,” *J. Appl. Electrochem.*, vol. 44, no. 1, pp. 199–207, Jan. 2014, doi: 10.1007/s10800-013-0631-5.
- [158] F. Şen, G. Gökağaç, and S. Şen, “High performance Pt nanoparticles prepared by new surfactants for C1 to C3 alcohol oxidation reactions,” *J. Nanoparticle Res.*, vol. 15, no. 10, p. 1979, Oct. 2013, doi: 10.1007/s11051-013-1979-5.
- [159] B. Sen, B. Demirkan, A. Şavk, S. Karahan Gülbay, and F. Sen, “Trimetallic PdRuNi Nanocomposites Decorated on Graphene Oxide: A Superior Catalyst for the Hydrogen Evolution Reaction,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 43, no. 38, pp. 17984–17992, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.ijhydene.2018.07.122.
- [160] R. Ayrancı *et al.*, “Enhanced optical and electrical properties of PEDOT via nanostructured carbon materials: A comparative investigation,” *Nano-Structures & Nano-Objects*, vol. 11, pp. 13–19, Jul. 2017, doi: 10.1016/j.nanoso.2017.05.008.
- [161] M. B. Askari, P. Salarizadeh, A. Di Bartolomeo, and F. Şen, “Enhanced Electrochemical Performance of MnNi 2 O 4 /rGO Nanocomposite as Pseudocapacitor Electrode Material and Methanol Electro Oxidation Catalyst,” *Nanotechnology*, vol. 32, no. 32, p. 325707, Aug. 2021, doi: 10.1088/1361-6528/abfded.
- [162] R. Ayrancı, G. Başkaya, M. Güzel, S. Bozkurt, F. Şen, and M. Ak, “Carbon Based Nanomaterials for High Performance Optoelectrochemical Systems,” *ChemistrySelect*, vol. 2, no. 4, pp. 1548–1555, Feb. 2017, doi: 10.1002/slct.201601632.
- [163] S. Günbatar, A. Aygun, Y. Karataş, M. Gülcan, and F. Şen, “Carbon-Nanotube-Based Rhodium Nanoparticles as Highly-Active Catalyst for Hydrolytic Dehydrogenation of Dimethylamineborane at Room Temperature,” *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 530, pp. 321–327, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.jcis.2018.06.100.
- [164] P. Taslimi *et al.*, “Pyrazole[3,4-d]pyridazine derivatives: Molecular docking and explore of acetylcholinesterase and carbonic anhydrase

- enzymes inhibitors as anticholinergics potentials,” *Bioorg. Chem.*, vol. 92, p. 103213, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.bioorg.2019.103213.
- [165] F. A. Unal, S. Ok, M. Unal, S. Topal, K. Cellat, and F. Şen, “Synthesis, Characterization, and Application of Transition Metals (Ni, Zr, and Fe) Doped TiO₂ Photoelectrodes for Dye-Sensitized Solar Cells,” *J. Mol. Liq.*, vol. 299, p. 112177, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.molliq.2019.112177.
- [166] H. Göksu, Y. Yıldız, B. Çelik, M. Yazıcı, B. Kılbaş, and F. Şen, “Highly Efficient and Monodisperse Graphene Oxide Furnished Ru/Pd Nanoparticles for the Dehalogenation of Aryl Halides via Ammonia Borane,” *ChemistrySelect*, vol. 1, no. 5, pp. 953–958, Apr. 2016, doi: 10.1002/slct.201600207.
- [167] J. T. Abrahamson *et al.*, “Excess Thermopower and the Theory of Thermopower Waves,” *ACS Nano*, vol. 7, no. 8, pp. 6533–6544, Aug. 2013, doi: 10.1021/nn402411k.
- [168] B. Şahin *et al.*, “Cytotoxic effects of platinum nanoparticles obtained from pomegranate extract by the green synthesis method on the MCF-7 cell line,” *Colloids Surfaces B Biointerfaces*, vol. 163, pp. 119–124, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.colsurfb.2017.12.042.
- [169] N. Korkmaz *et al.*, “Biogenic Silver Nanoparticles Synthesized Via Mimosa Elengi Fruit Extract, a Study on Antibiofilm, Antibacterial, and Anticancer Activities,” *J. Drug Deliv. Sci. Technol.*, vol. 59, p. 101864, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.jddst.2020.101864.
- [170] F. Gulbagca, A. Aygün, M. Gülcan, S. Ozdemir, S. Gonca, and F. Şen, “Green Synthesis of Palladium Nanoparticles: Preparation, Characterization, and Investigation of Antioxidant, Antimicrobial, Anticancer, and DNA Cleavage Activities,” *Appl. Organomet. Chem.*, vol. 35, no. 8, Aug. 2021, doi: 10.1002/aoc.6272.
- [171] R. N. E. Tiri, F. Gulbagca, A. Aygun, A. Cherif, and F. Sen, “Biosynthesis of Ag–Pt bimetallic nanoparticles using propolis extract: Antibacterial effects and catalytic activity on NaBH₄ hydrolysis,” *Environ. Res.*, vol. 206, p. 112622, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.ENVRES.2021.112622.
- [172] W. J. M. Steyn, “Potential applications of nanotechnology in pavement engineering,” *J. Transp. Eng.*, vol. 135, no. 10, pp. 764–772, 2009, doi: 10.1061/(ASCE)0733-947X(2009)135:10(764).
- [173] R. Hussain *et al.*, “Nano-managing silver and zinc as bio-conservational approach against pathogens of the honey bee,” *J. Biotechnol.*, vol. 365, pp. 1–10, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.jbiotec.2023.01.009.
- [174] S. El-Sayied Ali *et al.*, “Exploring bee venom and silver nanoparticles for controlling foulbrood pathogen and enhancing lifespan of honeybees,” *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, p. 19013, Aug. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-67515-7.