
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

FARKLI VERİ SETLERİ ÜZERİNDE YAPAY BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ ALGORİTMASI İLE SINIFLANDIRMA

Nuri Burak AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Nuri Burak AYDIN

10/02/2022

FARKLI VERİ SETLERİ ÜZERİNDE YAPAY BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ ALGORİTMASI İLE SINIFLANDIRMA

(Yüksek Lisans Tezi)

Nuri Burak AYDIN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2022

ÖZET

Makineler düşünebilir mi? sorusu ile başlayan yapay zeka serüveni; doğadaki canlıların davranışlarının örnek alınması, insanlara ait biyolojik sistemlerin çalışma prensiplerinin verilerin sınıflandırılmasında kullanılmasına kadar ilerledi. Bu sürecin bir ürünü olarak ortaya yapay bağışıklık sistemi algoritmaları çıkmıştır. Bu çalışmada yapay bağışıklık sistemi algoritmalarından biri olan klonal seçim algoritmasından yararlanılmıştır. Çalışmanın amacı klonal seçim algoritmasının veri setlerini sınıflandırmadaki doğruluk oranı üzerinden çıkarımlarda bulunmaktır. Bu amaca uygun algoritma MATLAB ortamında geliştirilmiştir. Çalışmada diyabet veri seti, karar ağacı veri seti, spam mail veri seti ve kalp riski veri seti olmak üzere 80000'i aşkın veri kullanılmıştır. Klonal seçim algoritması ile veri setlerinin sınıflandırılması işlemi; her veri seti için 10 kere tekrarlanmıştır. Kredibilite - Alman kredi veri setiyle 74,00, kalp krizi olasılığı veri seti ile %85,25, diyabet tahmini veri seti ile %77,27, karar ağacı sınıflandırması veri seti ile %97,81, derin öğrenme ile diyabet veri seti ile %76,25 ve cinsiyet sınıflandırma veri seti ile %97,81 doğruluk değerleri elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonucu geliştirilen klonal seçim algoritmasının doğruluk değerleri veri setlerine göre farklılık göstermiştir. Geliştirilen bu algoritmanın ilerleyen zamanlardaki yapılacak çalışmalara yardımcı nitelikte olduğu değerlendirilmektedir.

Bilim Kodu : 92432
Anahtar Kelimeler : Classification, artificial immune system, clonal selection
Sayfa Adedi : 63
Danışman : Prof. Dr. Aysun COŞKUN

CLASSIFICATION WITH ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEM ALGORITHM ON DIFFERENT DATASETS

(M. Sc. Thesis)

Nuri Burak AYDIN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2022

ABSTRACT

Artificial intelligence adventure has started with the ' Can machines think? ' and progressed by taking the behavior of living things in nature as a working principle, to the working principles of human biological systems are used for classifying data. Artificial immune system algorithms have emerged as a product of this process. In this study, clonal selection algorithm, one of the artificial immune system algorithms, is used. The aim of the study is to make inferences on the accuracy rate of the clonal selection algorithm in classifying data sets. The suitable algorithm for this purpose was developed in MATLAB environment. More than 80000 data were used in the study, including diabetes data set, decision tree data set, spam mail data set and heart risk data set. The process of classification with clonal selection algorithm repeated 10 times for each dataset. Accuracy values 74,00% with the German loan data set, 85.25% with the heart attack risk data set, 77,27% with the diabetes prediction data set, 97,81% with the decision tree data set, 76,25% with the diabetes with deep learning data set and 97,81% with the gender classification data set were obtained. As a result of the study, the accuracy values of the clonal selection algorithm differed according to the data sets. The algorithm developed is capable of helping in future studies.

Science Code : 92432
Key Words : Classification, artificial immune system, clonal selection
Page Number : 63
Supervisor : Prof. Dr. Aysun COŞKUN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim sürem boyunca yol gösteren, tez çalışmamın başından sonuna kadar her aşamasında yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof.Dr.Aysun COŞKUN'a sonsuz teşekkür ederim. Tüm hayatım boyunca yanımda olan, aldığım kararları her zaman destekleyen, eğitim hayatım süresince desteklerini hiç esirgemeyen annem Fatma AYDIN'a, babam Mustafa AYDIN'a ve kardeşim Ar.Gör.Barış AYDIN'a sonsuz şükranlarımı sunar ve teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

SİMGELER VE KISALTMALAR xii

1. GİRİŞ 1

2. DOĞAL BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ 3

2.1. Edinsel Bağışıklık Sistemi 4

2.2. Aktif Bağışıklık 4

2.2.1. Humoral bağışıklık 5

2.2.1. Hücresel bağışıklık 5

2.3. Pasif Bağışıklık 5

3. LENFOİD SİSTEM ORGANLARI 7

3.1. Birincil Lenfoid Organlar 8

3.1.1. Timüs 8

3.1.2. Kemik iliği 8

3.2. İkincil Lenfoid Organlar 9

3.2.1. Lenf düğümleri 9

3.2.2. Dalak 9

3.2.3. Mukozal lenfoid organlar 10

4. BAĞIŞIKLIK HÜCRELERİ 11

4.1. Lenfositler 11
4.1.1. B hücreleri (B lenfositler) 12
4.1.2. T hücreleri (T lenfositler) 14
4.1.3. NK hücreleri (NK lenfositler) 15
5. YAPAY BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ 17
5.1. Yapay Bağışıklık Sistemi Algoritmaları 18
5.2. Klonal Seçim Algoritması 19
5.2.1. Klonal seçim mekanizması 20
5.2.2. Klonal seçim algoritması mekanizması 21
5.3. Yapay Bağışıklık Sistemi Algoritmaları Çalışmaları 22
6. SINIFLANDIRMA ÇALIŞMASI 25
6.1. Kredibilite - Alman Kredi Veri Seti 26
6.2. Kalp Krizi Olasılığı Veri Seti 31
6.3. Diyabet Tahmini Veri Seti 36
6.4. Karar Ağacı Sınıflandırması Veri Seti 41
6.5. Derin Öğrenme ile Diyabet Veri Seti 45
6.6. Cinsiyet Sınıflandırma Veri Seti 50
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 57
KAYNAKLAR 59
ÖZGEÇMİŞ 63

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 6.1. Kredibilite-Alman kredi veri seti özellikleri..... 27

Çizelge 6.2. Kredibilite-Alman kredi veri seti sınıflandırma doğruluk oranları..... 28

Çizelge 6.3. Kredibilite-Alman kredi veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri..... 29

Çizelge 6.4. Kredibilite-Alman kredi veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri..... 30

Çizelge 6.5. Kredibilite-Alman kredi veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri..... 31

Çizelge 6.6. Kalp krizi olasılığı veri seti özellikleri..... 32

Çizelge 6.7. Kalp krizi olasılığı veri seti sınıflandırma doğruluk oranları 33

Çizelge 6.8. Kalp krizi olasılığı veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri 34

Çizelge 6.9. Kalp krizi olasılığı veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri 35

Çizelge 6.10. Kalp krizi olasılığı veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri 36

Çizelge 6.11. Diyabet tahmini veri seti özellikleri..... 37

Çizelge 6.12. Diyabet tahmini veri seti sınıflandırma doğruluk oranları 38

Çizelge 6.13. Diyabet tahmini veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri..... 39

Çizelge 6.14. Diyabet tahmini veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri..... 40

Çizelge 6.15. Diyabet tahmini veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri..... 41

Çizelge 6.16. Karar ağacı sınıflandırması veri seti özellikleri..... 42

Çizelge 6.17. Karar ağacı sınıflandırması veri seti sınıflandırma doğruluk oranları..... 42

Çizelge 6.18. Karar ağacı sınıflandırması veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri..... 43

Çizelge 6.19. Karar ağacı sınıflandırması veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri..... 44

Çizelge 6.20. Karar ağacı sınıflandırması veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri..... 45

Çizelge 6.21. Derin öğrenme ile diyabet veri seti özellikleri 46

Çizelge 6.22. Derin öğrenme ile diyabet veri seti sınıflandırma doğruluk oranları 47

Çizelge 6.23. Derin öğrenme ile diyabet veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri..... 48

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 6.24. Derin öğrenme ile diyabet veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri..... 49

Çizelge 6.25. Derin öğrenme ile diyabet veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri..... 50

Çizelge 6.26. Cinsiyet sınıflandırma veri seti özellikleri..... 51

Çizelge 6.27. Cinsiyet sınıflandırma veri seti sınıflandırma doğruluk oranları..... 52

Çizelge 6.28. Cinsiyet sınıflandırma veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri..... 53

Çizelge 6.29. Cinsiyet sınıflandırma veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri..... 54

Çizelge 6.30. Cinsiyet sınıflandırma veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri..... 55

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Bağışıklık sistemi 3

Şekil 2.2. Aktif bağışıklık çeşitleri 5

Şekil 3.1. Aktif bağışıklık çeşitleri 7

Şekil 3.2. Timüs 8

Şekil 3.3. Kemik İliği 9

Şekil 3.4. Dalak 10

Şekil 4.1. Lenfositlerin oluşumu 11

Şekil 4.2. B hücrelerinin dönüşümü 13

Şekil 5.1. Yapay bağışıklık sistemi problem çözüm aşaması 18

Şekil 5.2. Klonal seçim algoritması 20

Şekil 5.3. Klonal seçim algoritması mekanizması 22

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
sn	Saniye

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
NK	Natural killer

1. GİRİŞ

Sınıflandırma konusu bilimin en önemli konularından biridir. Sınıflandırma basitçe; bir veri kümesindeki verilerin birbirinden farklı ve önceden belirlenmiş sınıflarfdan birine atanmasıdır. Sınıflandırma alanında günümüze kadar bir çok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir. Bu çalışmalar yapılırken çok sayıda algoritma kullanılmıştır. Söz konusu algoritmalar verilerin eğitim kümesinden dağılım yapısını öğrenmeye çalışmakta ve daha sonra bu verilerin test kümesini doğru şekilde sınıflandır işlemi yapmaya çalışmaktadırlar.

Bu çalışmada bu zamana kadar kullanılan algoritmalar da dikkate alınarak geliştirilen sınıflandırma algoritması ile sınıflandırma problemlerine çözüm üretmeye çalışılmıştır. Geliştirilen algoritma ile veri kümeleri yüksek doğruluk oranında sınıflandırma yapmak hedeflenmiştir. Geliştirilen algoritma ile sınıflandırma hususunda elde edilen doğruluk oranları, daha önce sınıflandırma çalışması için kullanılan birkaç algoritma ile karşılaştırılarak daha yüksek doğruluk oranı elde etmek amaçlanmıştır.

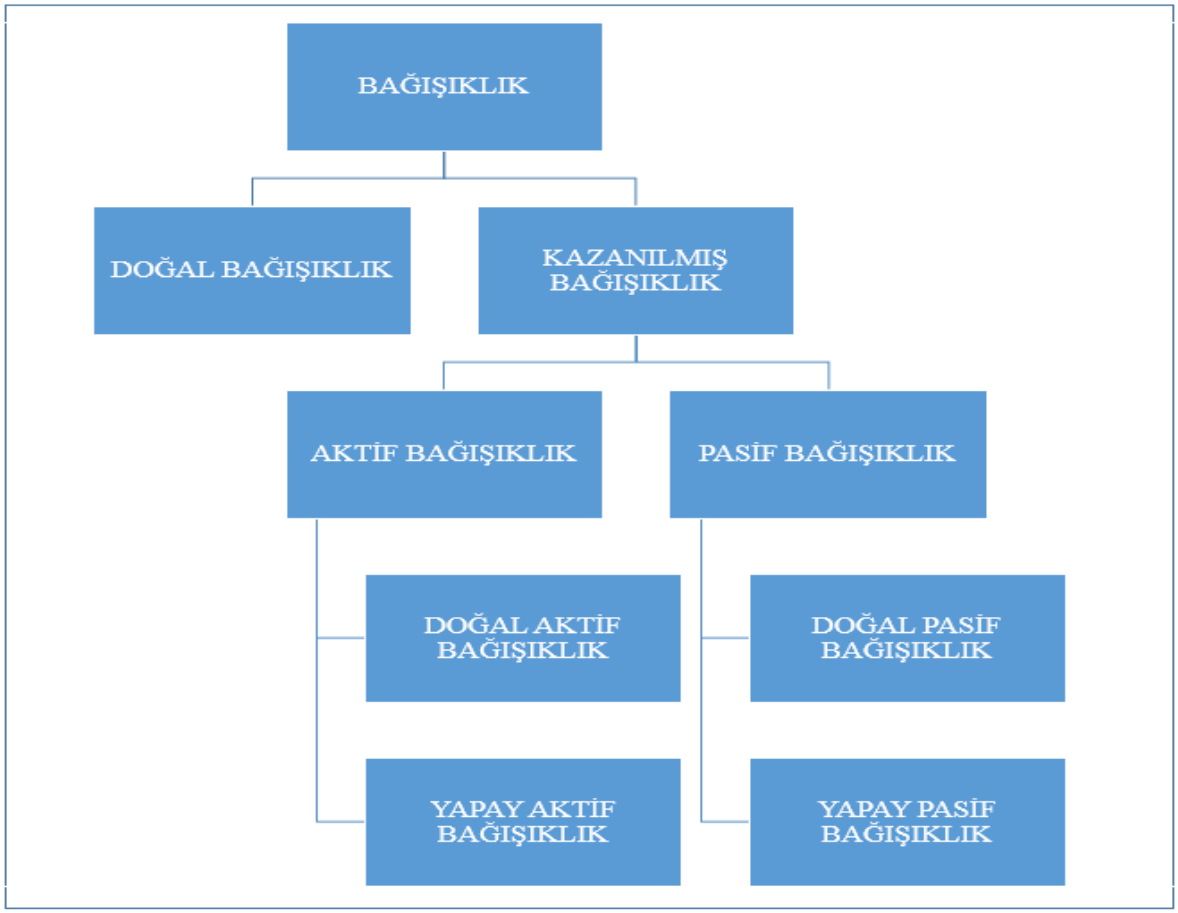
Yapılan çalışmada numerik verilerden oluşan veri setleri kullanılmıştır. Geliştirilmeye çalışılan klonal seçim algoritması; numerik veri setlerindeki veriler ile eğitilmiş ve numerik test veri setleri sınıflandırılmıştır. Geliştirilen algoritma bu çalışmada kullanılmayan diğer numerik verilerden oluşan veri setlerini de sınıflandırmak için kullanılabilmektedir.

2. DOĞAL BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ

Savunma sisteminde ilk kademe özgül olmayan doğuştan gelen bağışıklık sistemi yani doğal bağışıklık sistemidir. Doğal bağışıklık sistemi yabancı mikroorganizmaları tabancı olmayanlardan ayırabilir ancak patojenleri tiplerine göre ayırt edemez.

Doğal bağışıklık sistemi hızlı etki gösterir ancak hafızaya alamaz. Doğal bağışıklık sisteminin kazandırdığı bağışıklık uzun süreli değildir ancak çoğu canlı organizmanın korunmasında doğal bağışıklık sistemi dominanttır.

Doğal bağışık sisteminde anatomik bariyerler ve fizyolojik engeller bulunur. Deri, mukoza, tükürük, gözyaşı ve mukus anatomik bariyerler iken mukozal salgılar, mide asiditesi ve vücut sıcaklığı ise fizyolojik engellerdir.



Şekil 2.1. Bağışıklık sistemi

2.1. Edinsel Bağışıklık Sistemi

Edinsel bağışıklık sistemi, bağışıklık sisteminin doğal bağışıklığa göre daha büyük bir parçasıdır. Edinsel bağışıklık sistemi kişinin yaşamı boyunca gelişmeye devam eder. Yabancı maddeleri organizmaya ait olandan ayırma yeteneğine sahiptir.

Doğal bağışıklık sistemi hızlı etki gösterir ancak hafızaya alamaz. Doğal bağışıklık sisteminin kazandırdığı bağışıklık uzun süreli değildir ancak çoğu canlı organizmanın korunmasında doğal bağışıklık sistemi dominanttır.

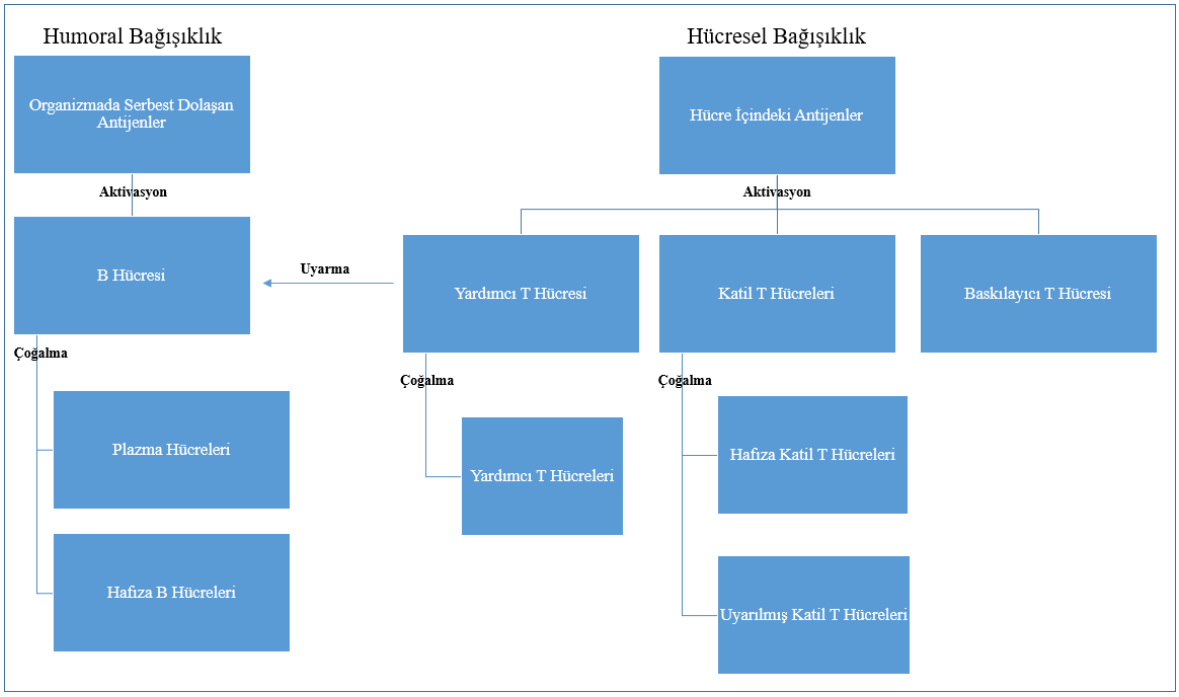
2.2. Aktif Bağışıklık

Aktif bağışıklık; organizmanın antijen gibi hastalık yapıcı bir etkenle karşılaştığı zaman bu antijene karşı antikorlarını harekete geçirerek yani kendi savunma maddelerini kendisi üreterek kazandığı dirençtir. Aktif bağışıklık, hastalığı geçirerek veya bağışıklık kazanma olmak üzere iki yol ile edinilebilir.

Aktif bağışıklık kazanıldıktan sonra uzun süre devam etmektedir. T lenfositleri, B lenfositleri ve antijenin sunduğu hücreler aktif bağışıklığa dahil olan hücrelerdir. Aktif bağışıklığın yan etkisi çok azdır.

Aktif bağışıklık çeşitleri humoral bağışıklık ve hücresel bağışıklıktır. Humoral bağışıklık ve aktif bağışıklık çeşitli farklılıklar göstermektedirler.

Aktif bağışıklık çeşitleri aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir.



Şekil 2.2. Aktif bağışıklık çeşitleri

2.2.1. Humoral bağışıklık

Humoral bağışıklık, bakteri ve virüslere karşı antikorlar ile yapılan savunmadır. Antikorlar organizmaya giren patojenlere karşı özgül olarak üretilirler. Antikorların; bakterilerin antijenine tutunup fagositler tarafından yutulmasını sağlamak ve virüslerin antijenine tutunup hücrenin enfekte olmasını engellemek gibi birçok görevi bulunmaktadır. Bu bağışıklıkta B hücreleri görev alırlar.

2.2.2. Hücresel bağışıklık

Hücresel bağışıklık polen, mantar gibi etmenlere karşı gelişmekte olup, virüsler ile enfekte edilen hücrelerin veya tümör hücrelerinin yok edilmesini sağlar. Bu bağışıklıkta T hücreleri görev alır.

2.3. Pasif Bağışıklık

Pasif bağışıklık; bir kaynaktan diğer kaynağa iletilen bağışıklıktır. Pasif bağışıklıkta vücudun antijene karşı antikor üretmesine gerek yoktur çünkü antikorlar organizmanın

dışından verilir. Bir bebeğin anne sütü ile bağışıklık kazanması bir pasif bağışıklık örneğidir.

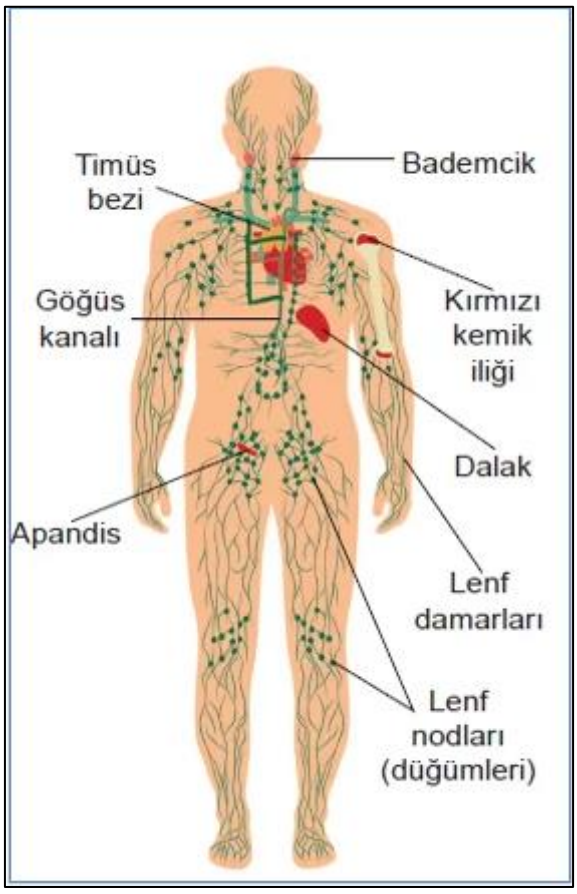
Pasif bağışıklık organizma dışından verildiği için herhangi patojen veya antijene maruz kalmayı gerektirmez. Pasif bağışıklık, aktif bağışıklık kadar uzun sürmemektedir.

3. LENFOİD SİSTEM ORGANLARI

Lenfoid sistem; lenfositler, mononükleer fagositler ve diğer yardımcı hücrelerin bulunduğu, yabancı antijenlerin işlendiği ve sunulduğu doku ve organlarda lokalize durumda bulunan sistemdir. Lenfoid sistemi oluşturan organlar lenfoid organlar adını almaktadırlar.

Lenfoid organlar birincil lenfoid organlar (santral) ve ikincil lenfoid organlar (periferik) olmak üzere ikiye ayrılır. Tüm lenfoid organların farklı görevleri ve fonksiyonları bulunmakta olup, vücutta dağılmış halde bulunurlar.

Lenfoid sistem organları şekilde gösterildiği gibidir.



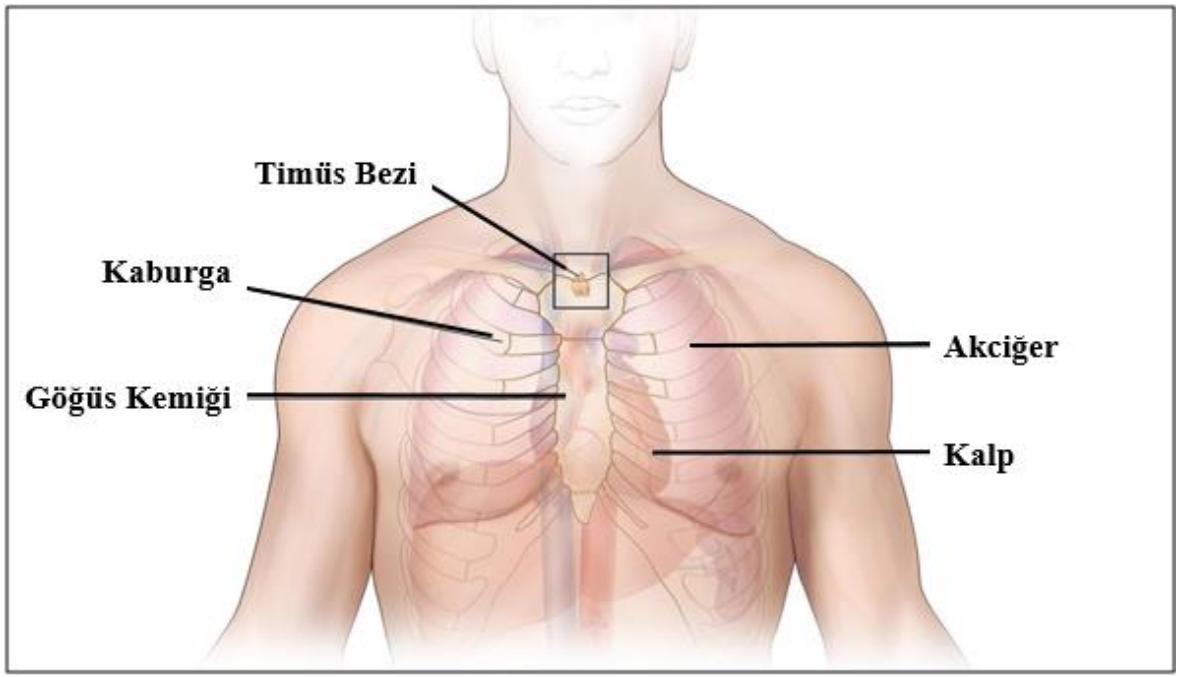
Şekil 3.1. Aktif bağışıklık çeşitleri

3.1. Birincil Lenfoid Organlar

Birincil lenfoid organlar; lenfositlerin hem üretim hem de olgunlaştırma işlemlerinin yapıldığı bağışıklık sistemi organlarıdır.

3.1.1. Timüs

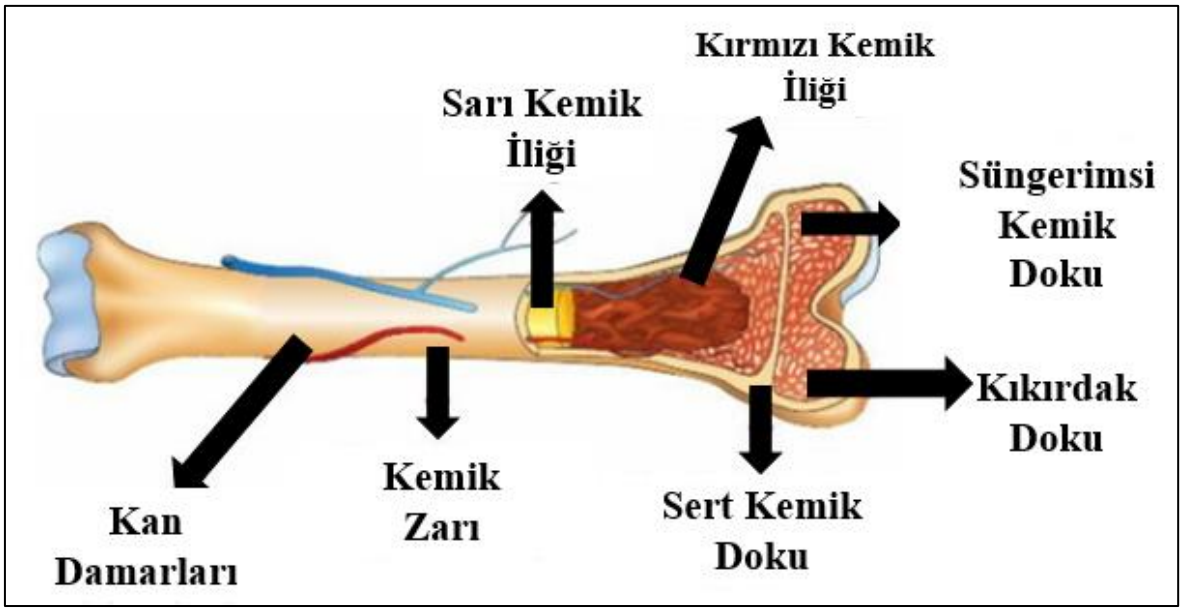
İnsan doğumuna kadar gelişimini tamamlayan, insan vücudunda kemik iliğinde üretilen öncü lenfositlerin olgunlaşmak için geldikleri ve göğüs kemiğinin arkasında bulunan lenfoid organdır. Kemik iliğinde gelişen T lenfositler tümüse gider ve timüs bezinde bölünüp, çoğalarak antijeni yanıtlarlar. Böylece T lenfositler antijen yanıtı verecek kadar olgunlaşır, çoğalır ve kan dolaşımı vasıtası ile vücuda dağılırlar.



Şekil 3.2. Timüs

3.1.2. Kemik iliği

Uzun kemiklerin içindeki katı dokuya kemik iliği denir. Kemik iliği, vücut ağırlığının %6'sını oluşturur. Kan hücreleri kemik iliğinin kırmızı bölgesinde üretilir. Kemik iliğinde bulunan kök hücrelerin farklılaşmasıyla ise bağışıklık hücreleri oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Kemik İliği

3.2. İkincil Lenfoid Organlar

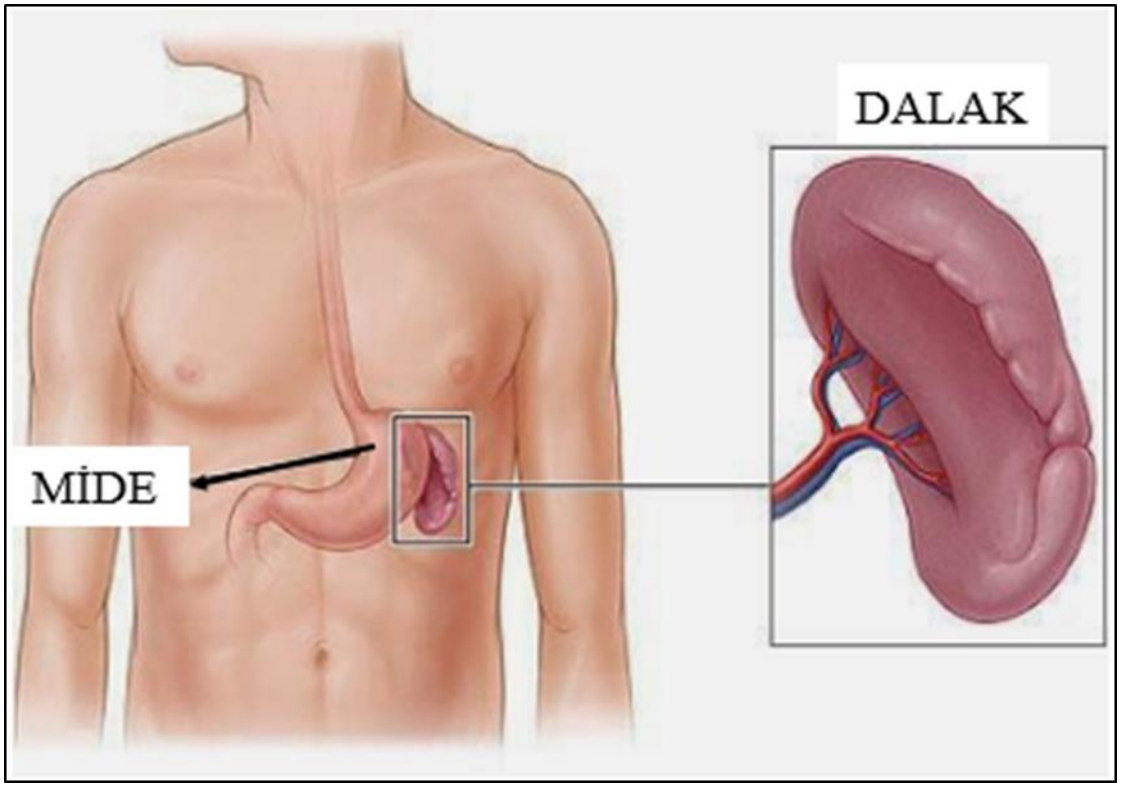
İkincil lenfoid organlar; lenf düğümleri, dalak ve mukozal lenfoid organlardır. İkincil lenfoid organlar müteakip alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.2.1. Lenf düğümleri

Lenf düğümleri vücudun birçok yerine dağılmış halde bulunurlar. Lenf düğümleri bağışıklık sisteminde; dolaşan lenfleri süzerek yabancı maddeleri lenflerden uzak tutmak ve organizmaya gelen antijenik uyarılara karşı bağışıklık hücrelerini çoğalmasını sağlayarak bağışıklık cevabı oluşturmakla görevlidirler.

3.2.2. Dalak

Dalak diyaframa yakın bir yerde sol üst tarafta bulunan içerisinde alyuvarlar ve akyuvarları barındıran bir organdır. Bağışıklık sisteminde; hücresel ve sıvısal bağışıklık cevabının oluşturulmasında görev alır ve başka görevlerle organizmanın ve bağışıklık sisteminin önemli bir parçasıdır.



Şekil 3.4. Dalak

3.2.3. Mukozal lenfoid organlar

Mukozal lenfoid dokular dışardan etmenlere daha açıktırlar. Organizmada solunum veya sindirim gibi kısımlarda iç taraflarda mukoza altında bulunurlar. Bağışıklıkta önemli rol oynamakta ve iç organların korunmasını sağlamaktadırlar.

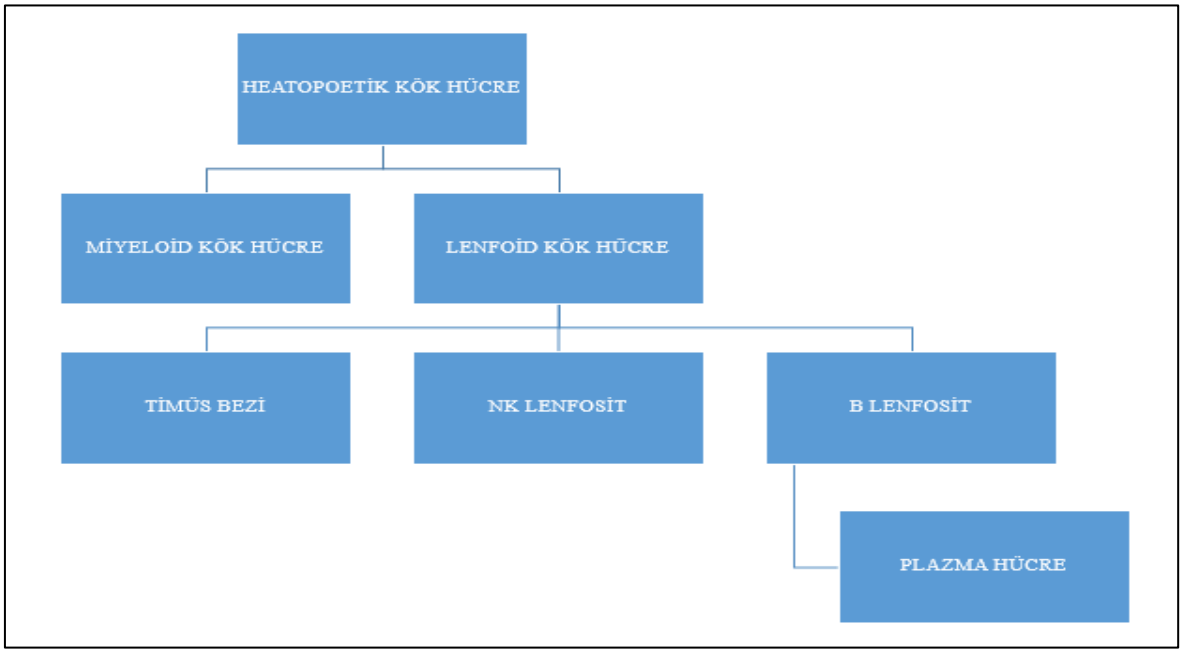
4. BAĞIŞIKLIK HÜCRELERİ

Doğal bağışıklık sistemi hücreleri genel olarak üçe ayrılmaktadır. Bu hücreler;

1. Lenfositler,
2. Fagositler, granülositler ve benzerleri,
3. Komplementlerdir.

4.1. Lenfositler

Lenfositler, kemik iliğindeki kök hücrelerden üretilirler. Beş çeşit türü olan beyaz kan hücrelerinin bir tanesi de lenfositlerdir. Vücuttaki kan lökositlerinin yaklaşık yüzde otuzu lenfositlerden oluşmaktadır. Lenfositlerin temel görevi insan vücudundaki virüs, bakteri, mantar, parazit gibi patojenleri yok etmektir. Patojenleri yok etmek için vücut dolaşımında bulunan lenfositler tarafından antikor üretilir. İnsan vücudunda zararlılar tarafından enfekte edilen hücreler lenfositler tarafından yok edilerek etkisiz hale getirilmektedir. Enfekte olmamış sağlıklı hücrelere yine lenfositler tarafından bilgi gönderilir. Böylece vücuttaki enfeksiyon ortadan kaldırılmış olur. Lenfoid dokularda toplanan lenfositlerin 3 alt türü bulunmaktadır. Bunlar; NK, T ve B lenfositleridir. NK, T ve B lenfositlerinin vücuttaki görevleri birbirinden farklıdır.



Şekil 4.1. Lenfositlerin oluşumu

4.1.1. B hücreleri (B lenfositler)

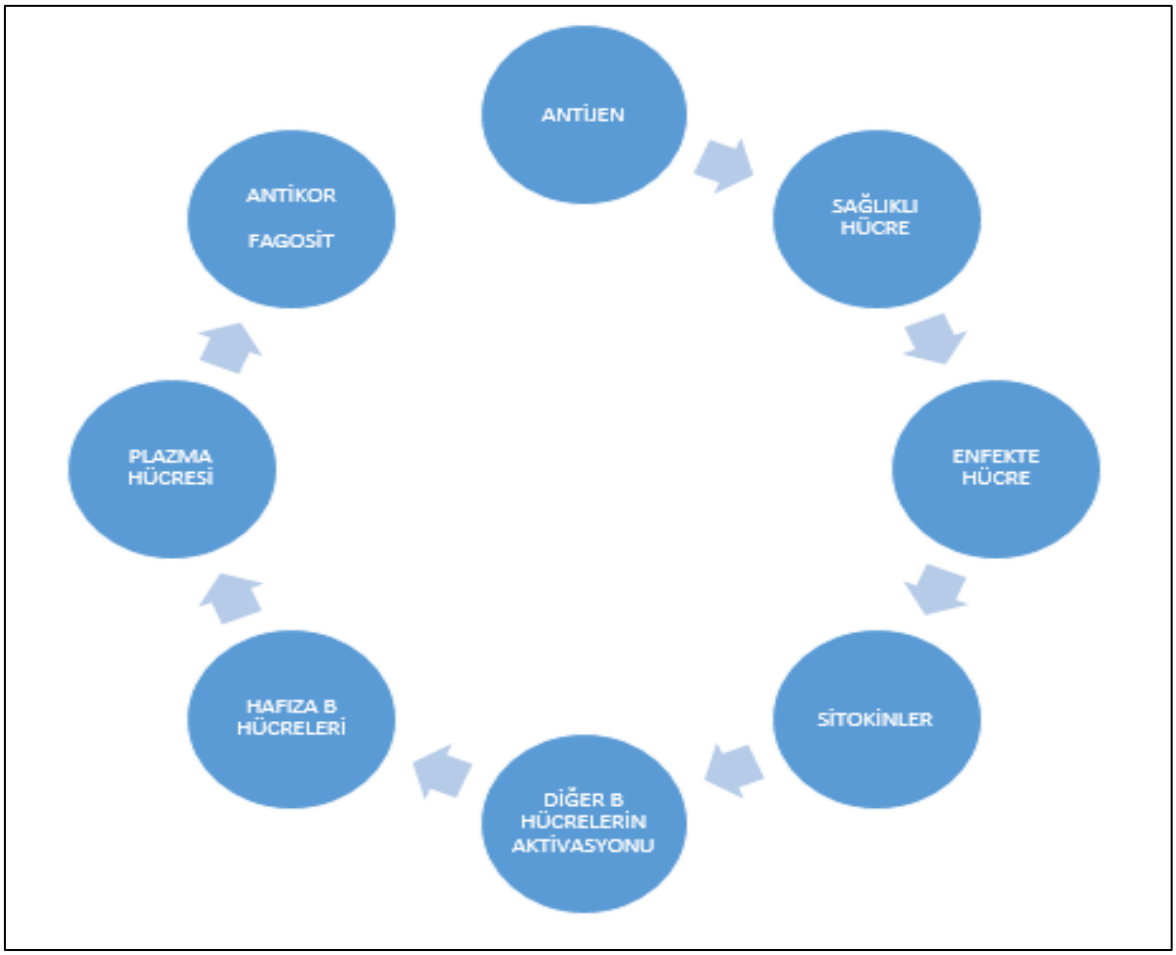
B lenfositleri yani B hücreleri ilk kez kuşlarda 1960'larda keşfedilmiştir. Bu hücrelerin isimlerindeki “B” kısaltması, kuşlardaki B hücrelerinin olgunlaştığı “Bursa Fabricius” organından gelmektedir.

B hücreleri bir diğer deyiş ile B lenfositleri vücutta doğal olarak bulunmaktadırlar. B hücreleri antikor üretmektedirler. Bu antikorlar sayesinde vücut savunmasını yerine getirmektedirler. Antikorların üretilmesini, antikorların salgılanmasını sağlamak ve tümör, virüs, bakteri hücrelerine cevap vermek B hücrelerinin temel görevleridir. B lenfositlerinin temel görevlerini gerçekleştirmesi sayesinde vücut kendini çeşitli antijenlere karşı korumaktadır.

B hücrelerinin olgunlaşması kemik iliğinde bulunan kök hücreleri ile gerçekleşmektedir. Kök hücre Pro-B hücrelere, Pro-B hücreler Pre-B hücrelere dönüşürler. Sonrasında özgün yüzey reseptörü ve özellikli antikor oluşmaktadır. Olgunlaşan B hücresi kemik iliğinden ayrılır, vücut dolaşım sistemine katılır ve kendine özellikli olan antijene cevap vermek üzere lenfoid dokulara geçiş yapar.

B hücreleri farklı antikor çeşitlerine sahiptirler. Vücuttaki enerji ve kaynak koruması sebebiyle gerekmediği sürece B hücrelerinin sayısı sabit kalmaktadır. B hücreleri lenfosit miktarının yaklaşık yüzde onunu oluşturmaktadır. Vücut savunma mekanizmasının önemli bir parçası olarak bağışıklık sisteminde bulunmaktadırlar.

Herhangi bir B hücresi vücutta bir antijenle ile karşılaştığında ve T hücresinden sinyal aldığında plazma B hücresine veya hafıza B hücresine dönüşürler.



Şekil 4.2. B hücrelerinin dönüşümü

İnsan vücuduna ilk defa giren bir patojen immün sistemi atlatarak kendisi ile tamamlayıcı özellikli antikora sahip olan ve hali hazırda insan vücudunda bulunan B hücresine bağlanarak, söz konusu B hücresinin çoğalmasını sağlamaktadır. Bahse konu çoğalma olayı klonal çoğalma olarak adlandırılmaktadır. B hücreleri yeterince çoğaldıklarında plazma B hücreleri veya hafıza B hücreleri olarak iki gruba ayrılmaktadırlar. B hücreleri doğrudan bu hücre tiplerine dönüşebilirler veya bir ara adım sonrasında bu hücre tiplerine dönüşmektedirler.

Plazma B hücreleri; antijenleri fagositler için daha kolay bir hedef haline getirmek amacıyla antikor üretmektedirler. Bu antikorlar antijenlere bağlanarak antijenlerin yıkımına neden olmaktadır. Yani plazma B hücreleri antikor üreterek dolaşım sistemine salarak serbest antijenlerle mücadele etmektedirler.

Bellek B hücreleri ise, antijene karşı plazma b hücreleri gibi aktif mücadele

etmemektedirler. Aynı antijenin tekrar vücuda girme ihtimaline karşı hazır olarak beklemektedirler. Böylece daha önceden vücuda giren bir antijen tekrar vücuda girdiğinde, söz konusu antijene karşı daha hızlı ve daha etkili bir yanıt oluşmasını sağlamaktadırlar. Hafıza B hücreleri, plazma B hücrelerine göre daha uzun bir ömre sahiptirler.

4.1.2. T hücreleri (T lenfositler)

Vücutta kemik iliğinde üretilen B hücreleri (B lenfositler) göğüsteki "timüs" adındaki lenf bezine giderler. Timüse giden B hücreleri burada gelişerek olgunlaşırlar ve T hücresi adını alırlar. Yani T hücreleri ismini son olgunlaşma evrelerini geçirdikleri timüsten almaktadırlar.

Lenfositlerin bir alt kümesini oluşturan T hücreleri adaptif bağışıklık sisteminin ana bileşenidirler ve enfekte durumdaki hücreyi bulup, yok etmekle görevlidirler. T hücreleri; toplam lenfosit miktarının yaklaşık yüzde seksenini oluşturmaktadırlar ve B hücreleri ile iletişim halindedirler. T lenfositler insan vücudunda lenf bezleri, bademcik, bağırsak, dalak gibi lenfoid bölgelere gitmektedirler.

T lenfositlerinin asıl görevi metabolizmadaki patojenlere karşı diğer bağışıklık sistemi hücrelerini ikaz etmektir. Bu uyarma görevini yerine getirebilmek için lenfokin adında bir kimyasal salgılamakta ve diğer bağışıklık sistemi hücrelerinin uyararak patojenlere saldırtmaktadırlar.

T lenfositler, bağışıklık cevabında merkezi bir role sahiptirler. T hücreleri reseptörlerinin bulunması nedeniyle diğer lenfositlerden ayrıdırlar. T hücreleri köken olarak kemik iliğinden öncü hücrelerdirler. Timüs bezine ulaştıklarında ve timüs bezinden ayrıldıktan sonra farklı tipte T hücrelerine dönüşmeye devam etmektedirler.

Dört çeşit T Hücresi bulunmaktadır. Bunlar:
1. Sitotoksik T hücreleri,
2. Yardımcı T hücreleri,
3. Düzenleyici T hücreleri,
4. T bellek hücreleridir.

4.1.3. NK hücreleri (NK lenfositler)

Lenfositlerin üçüncü ve son çeşidi olan NK (natural killer, doğal öldürücü, doğal katil hücre) hücreleri sadece virüsler ve tümörlerden etkilenen vücut hücrelerini öldürmektedirler. NK hücreleri bu hücreleri öldürürken sağlıklı hücrelere zarar vermezler. Başka bir deyiş ile NK hücreleri, yabancı organizmalara doğrudan saldırmazlar. Bunun yerine bu yabancı organizmalar tarafından enfekte edilen vücut hücrelerine saldırırlar. Ayrıca NK hücreleri vücuttaki toplam lenfosit miktarının yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır.

5. YAPAY BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ

Optimizasyon konu insanlık tarihi boyunca bir çalışma alnı olarak karşımıza çıkmıştır. Tüm mühendislik alanları da optimizasyonla ilişkilidir. Öncesinde klasik matematiksel bağlantı yöntemlerine dayanan optimizasyon yöntemleri problemlerin bir matematiksel fonksiyona dayanması gerektiği için tam anlamıyla bir çözüm oluşturamamaktadır.

İnsanlık çevresindeki doğadan esinlenerek çözümler üretme yeteneğine sahiptir. Doğadan esinlenmelerin geldiği son nokta ise yapay zekadır. Son zamanlarda bilim insanları da geçmişte olduğu gibi doğadan esinlenerek çözümler üretmeye çalışmışlar ve bu çözümleri yapay zeka ile harmanlayarak optimizasyon problemlerine uygulanabilir hale getirmeye çalışmışlardır. Bu çalışmalar ile tek problem odaklı çözümler yerine daha genel kullanabilen ve birden çok probleme çözüm oluşturabilen yöntemler oluşturulmaya çalışılmıştır.

Yapay zeka çalışmaları 1940'lardan başlayarak günümüze kadar gelmiştir. 1990'lı yıllardan itibaren ise karşımıza yapay zekanın bir alanı olan Yapay Bağışıklık Sistemi karşımıza çıkmaktadır. Yapay bağışıklık sistemleri, doğal bağışıklık sisteminde bulunan ilkelerin işlemsel modellere uygulanarak geliştirilmesiyle meydana gelmiştir.

Yapay bağışıklık sistemi algoritmaları da yapay sinir ağları, genetik algoritmalar vb. gibi doğal bağışıklık sistemi süreçlerinin ve fonksiyonlarının modellerini kullanan teknikler üstüne geliştirilmiştir. Yapay bağışıklık sistemi birkaç yıllık bir yapay zeka alnı olmasına rağmen barındırdığı teknikler ve çeşitlilik oranı ile dikkat çekici bir yapay zeka alanıdır.

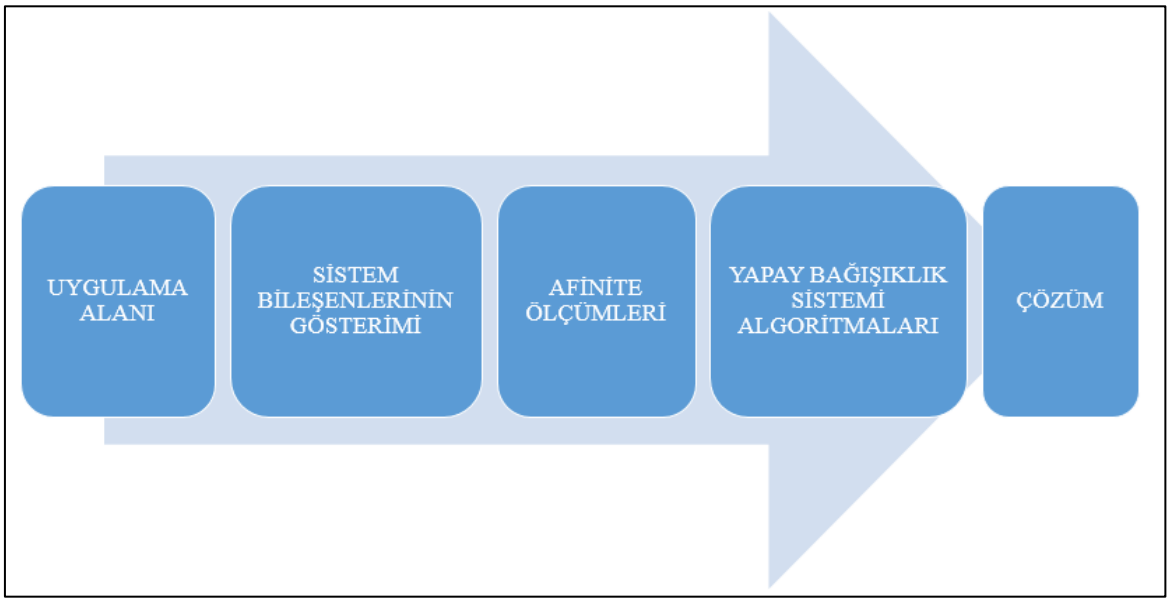
Klonal seleksiyon teorisi yani klonal seçim teorisi 1957'de Avustralyalı Frank Macfarlane Burnet tarafından tanıtılmıştır. Klonal seleksiyon teorisinde yani klonal seçim teorisinde insan doğal bağışıklık sisteminin enfeksiyonlara karşı nasıl tepki verdiği ve antijenlerin ortadan kaldırılması için lenfositlerin nasıl seçildiği anlatılmaktadır.

1974'te İmmünolog Niels Kaj Jerne ve teorik biyolog Geoffrey W. Hoffmann tarafından 'Bağışıklık Ağı Teorisi' geliştirilmiş ve bağışıklık sistemi modelleri ortaya konmuştur. Bu modeller araştırmacılarının da ilgisini çekmiş ve doğal bağışıklık sisteminden esinlenen

Yapay Bağışıklık Sistemi'nin ilk adımları atılmıştır.

Yapay bağışıklık sistemi ise ilk kez 1996'da bilgisayar virüslerinin tanınması amacı ile bilgisayar bilimci Stephanie Forrest tarafından gerçekleştirilmiştir.

Yapay bağışıklık sisteminin problem çözüm aşaması aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.1. Yapay bağışıklık sistemi problem çözüm aşaması

5.1. Yapay Bağışıklık Sistemi Algoritmaları

Bilim insanları doğal bağışıklık sistemini inceleyerek ve doğal bağışıklık sisteminden esinlenerek yapay bağışıklık sistemi algoritmalarını geliştirmişlerdir.

Yapay bağışıklık sistemi algoritmaları;
1. Negatif seçim algoritması,
2. Yapay bağışıklık ağı algoritması,
3. Dendritik hücre algoritması,
4. Klonal seçim algoritmasıdır.

Bu çalışmada klonal seçim algoritması kullanıldığından dolayı klonal seçim algoritması açıklanacaktır.

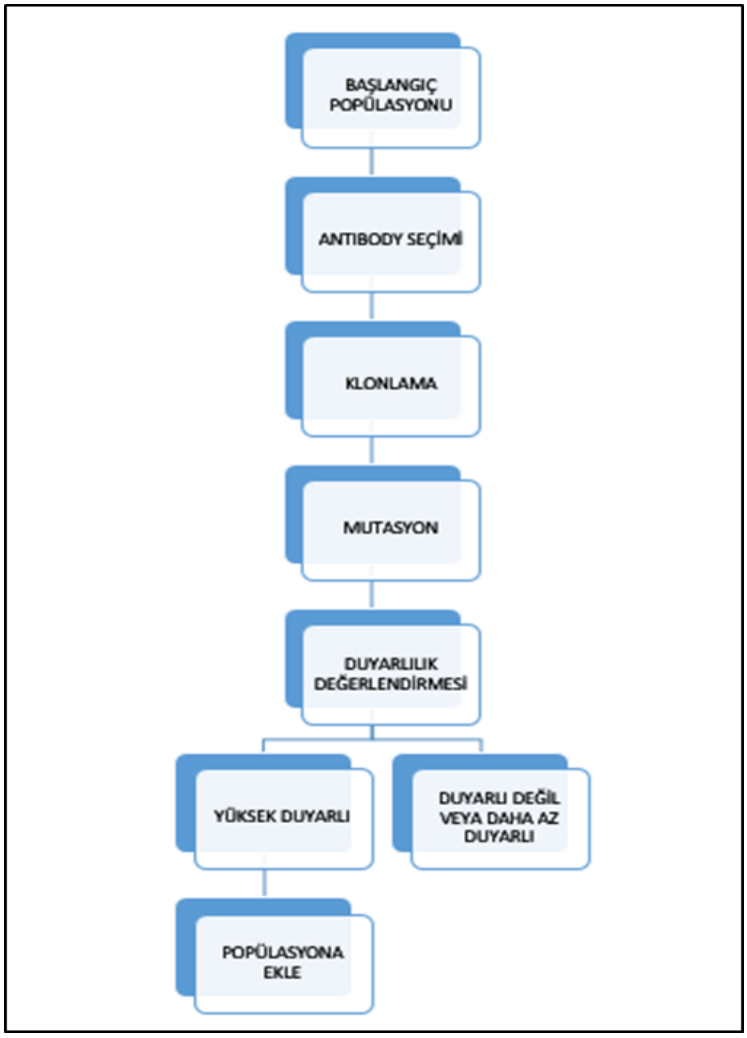
5.2. Klonal Seçim Algoritması

Klonal seçi algoritması çalışmaları 1978 senesinde ilk kez Burnett tarafından yapılan çalışmalar ile başlamıştır. Burnett'in söz konusu çalışmaları ile benzerlik metrikleri ilk defa matematiksel olarak tanımlanmıştır. Klonal seçim algoritması çalışma mantığı adaptif bağışıklığın antijenleri yok etme sistemine dayanmaktadır.

Klonal seçim algoritmasının çalışma şekli, bir başka biyolojik tabanlı optimizasyon yöntemi olan genetik algoritmalara benzerlik göstermektedir. Genetik algoritmalarda da klonal seçim algoritmasında da kullanılan adayların problem çözümü için ne kadar kullanışlı oldukları uygunluk fonksiyonu ile ölçülmektedir. Klonal seçim algoritmasının genetik algoritmalar ile bir diğer ortak özelliği ise; çeşitlilik için bireylerin özniteliklerinin değiştirilmesinin mutasyon operatörü ile gerçekleştirilmesidir.

Klonal seçim algoritması ile genetik algoritmalar arasında farklılık da bulunmaktadır. Bu farklılık ise; genetik algoritmalarda bulunan çaprazlama operatörünün klonal seçim algoritmasında bulunmamasıdır. Genetik algoritmalar aday popülasyonunu genişletmek için problemin çözümüne en çok yaklaşan adayları çaprazlarken; klonal seçim algoritması ise problemin çözümüne en çok yaklaşan adayları doğrudan klonlamayı yani kopyalamayı tercih etmektedir.

Klonal seçim algoritmasının kullanım alanı çoğunlukla optimizasyon problemleri olsa da başka alanlarda da kullanılmaktadır. Bu alanlardan bazılar; örüntü tanıma, değer yakınsama gibi alanlardır. Çok fazla birbirinden farklı problem tipleri için kullanılan klonal seçim algoritmasının, özellikle sürekli değişken durumlarda tahmin problemi çözümünde performansının çok yüksek olduğu bilinmektedir.



Şekil 5.2. Klonal seçim algoritması

5.2.1. Klonal seçim mekanizması

Organizmadaki yabancı maddeler tespit edildikten sonra söz konusu yabancı maddelere karşı antikor üretimine geçme görevinin B lenfositler tarafından gerçekleştirilmektedir. B lenfositlerinin antikor üretimine başlaması için gereken tetikleme ise T lenfositlerinden gelen uyarıcı etkiyle meydana gelmektedir. Bu aşamalardan sonra ise:

1. B lenfositleri, uyarıldıktan sonra bölünürler. Gerçekleşen bölünme sonucunda ise antikor salgılayan plazma hücrelerine dönüşmektedirler.
2. B lenfositlerinin klonlanarak yani kopyalanarak çoğalırlar. Söz konusu çoğalma işlemi mitoz bölünme ile gerçekleşmektedir. Böylece yeni kopya bireyler oluşmaktadır.
3. Vücuttaki yabancı maddeye karşı duyarlı olmayan kopyalar, bahse konu yabancı maddeye karşı duyarlı olan kopyalara göre daha az çoğalmaktadırlar.

4. Mitoz bölünme ile klonlanan yani kopyalanan hücreler hipermutasyona uğramaktadırlar. Gerçekleşen bu hipermutasyon ile oluşan yeni hücreler yabancı maddeye daha çok uyum sağlamaktadırlar.
5. Gerçekleşen bu işlemler sonrasında oluşan hücrelerden yabancı maddeyi daha az tanıyan hücreler ölmekte ve yerlerine yeni hücreler görev almaktadırlar.
6. Yabancı maddeyi en iyi tanıyan ve yabancı maddeye en çok uyum sağlayan hücrelerin ömürleri daha uzun olduğu için; vücudun bağışıklık yanıtı için en uygun antikoru üretme yeteneğine sahip olan bireylerin çoğaltılması sağlanmış olmaktadır.

5.2.2. Klonal seçim algoritması mekanizması

Klonal seçim algoritması mekanizması klonal seçim algoritmasına benzemektedir. Klonal seçim algoritması mekanizması adımları:
1. Ele alınan problemin çözümünün gerçekleşmesi için belirlenen adaylardan başlangıç popülasyonu (N) oluşturulur. Söz konusu popülasyonun her bir bireye antikor, bahse konu probleme ise antijen denilebilir.
2. Antikorlar bit dizilerinden oluşmaktadırlar. Bit dizilerinin uzunluğunun çözülmesi, hedeflenen problem için istenen hassasiyete göre seçilmektedir. Her bir aday yani antikor için bit dizileri, uygunluk fonksiyonuna girdi olarak verilirler. Yapılan girdilerden elde edilen sonuçlar yani uygunluk değerleri hesaplanmaktadır.
3. Elde edilen sonuçlarla hesaplanan uygunluk değerlerinden en yüksek uygunluk değerine sahip n tane aday seçilmekte ve sahip oldukları uygunluk değerleri ile orantılı olarak klonlanmakta yani kopyalanmaktadır.
4. Adayların sahip oldukları uygunluk değerleri ile orantılı şekilde oluşturulan kopyalar, adayların sahip oldukları uygunluk değerleri ile ters orantılı biçimde mutasyona uğratılmaktadır. Mutasyona uğratıldıktan sonra adayların uygunluk değerleri yeniden hesaplanmaktadır.
5. Oluşturulan her bir kopya popülasyonu, en başta belirlenen aday popülasyonun alt popülasyonudur. Söz konusu her bir alt popülasyonun en yüksek uygunluk değerine sahip bireyleri belirlenmekte ve yaşamasına izin verilmektedir. Bahse konu alt popülasyonun en kötü uygunluk değerine sahip d tane bireyi ise rastgele üretilmiş bireylerle değiştirilmektedir. Gerçekleştirilen bu işlemler sonucunda popülasyonda farklılaşma sağlanmaktadır.



Şekil 5.3. Klonal seçim algoritması mekanizması

5.3. Yapay Bağışıklık Sistemi Algoritmaları Çalışmaları

Carvalho ve Freitas'ın (2001) "An Immunological Algorithm for Discovering Small-Disjunct Rules in Data Mining" başlıklı çalışmasında yapay bağışıklık sistemi, veri madenciliğinde kullanılan ayrık-kuralların keşfedilmesinde kullanılmıştır.

Secker ve arkadaşlarının (2003) "AISEC: an Artificial Immune System for E-mail

Classification" başlıklı çalışmasında yapay bağışıklık sistemi, e-mail sınıflaması için kullanılmıştır.

Dasgupta ve arkadaşlarının (2003) "MILA-Multilevel Immune Learning Algorithm" başlıklı çalışmasında yapay bağışıklık sistemi, aykırılık tespiti için kullanılmıştır.

Polat ve arkadaşlarının (2005) "Outdoor Image Classification Using Artificial Immune Recognition System (AIRS) with Performance Evaluation by Fuzzy Resource Allocation Mechanism" başlıklı çalışmasında yapay bağışıklık sistemi, outdoor görüntülerinin sınıflandırılması için kullanmıştır.

Stibor ve arkadaşlarının (2006) "A Comparative Study of Real-Valued Negative Selection to Statistical Anomaly Detection Techniques" başlıklı çalışmasında yapay bağışıklık sistemi, hiper-kürelerin analizinde kullanılmıştır.

Özşen ve arkadaşlarının (2007) "A New Supervised Classification Algorithm in Artificial Immune Systems With Its Application to Carotid Artery Doppler Signals to Diagnose Atherosclerosis" başlıklı çalışmasında yapay bağışıklık sistemi, atherosclerosis hastalığının teşhisi için kullanılmıştır.

Özşen'in (2008), "Biyomedikal Sınıflama Problemleri İçin Problem-Tabanlı Bir Yapay Bağışıklık Sisteminin Geliştirilmesi ve Biyomedikal Sınıflama Problemlerine Uygulanması" başlıklı çalışmasında yapay bağışıklık sistemi, doğrusal olmayan problemlerin için kullanılmıştır.

Bezobrazov'un (2008) "Neural Networks And Artificial Immune Systems-Malware Detection Tool" başlıklı çalışmasında yapay bağışıklık sistemi, bilgisayar virüslerini tanımak için kullanılmıştır.

Liu ve arkadaşlarının (2009) çalışmalarında, hidrojen depolama tanklarının ağırlığını hesaplamak için klonal seçim algoritması kullanılmıştır.

Ulutaş ve arkadaşlarının (2010) çalışmalarında, dinamik tesis yerleşimi problemlerini çözmek için klonal seçim algoritması kullanılmıştır.

Dixon ve Hua Yu'nun (2010) "Bioinformatics Data Mining Using Artificial Immune Systems and Neural Network" başlıklı çalışmasında yapay bağışıklık sistemi, biyoinformatik verilerin işlenmesi için kullanılmıştır.

Acılar ve Arslan'ın (2010) çalışmalarında, çoklu girdi-çıktı bulanık üyelik fonksiyonlarının optimizasyonu için klonal seçim algoritması kullanılmıştır.

Bayğın ve Karaköse'nin (2011) çalışmalarında, asansör kontrol mekanizması kurmak için klonal seçim algoritması kullanılmıştır.

Azadeh ve arkadaşlarının (2013) çalışmalarında, yıllık elektrik enerjisi tüketimi hesaplaması için klonal seçim algoritması kullanılmıştır.

Hetmaniok ve arkadaşlarının (2013) çalışmalarında, saf metal katılaşmasının ters problemlerini çözmek için klonal seçim algoritması kullanılmıştır.

Atay ve Kozad'ın (2014) çalışmalarında, atölye tipi üretim problemlerinin optimizasyonu için klonal seçim algoritması kullanılmıştır

Wang ve arkadaşlarının (2016) çalışmalarında, algoritmasını şantiye sahasının optimum şekilde planlanması için klonal seçim algoritması kullanılmıştır.

Hatata ve arkadaşlarının (2018) çalışmalarında, hibrit güç sisteminin boyutlandırılması için klonal seçim algoritması kullanılmıştır.

6. SINIFLANDIRMA ÇALIŞMASI

Bu tez çalışmasında geliştirilmiş klonal seçim algoritması ile farklı veri setleri üzerinde sınıflandırma çalışması yapılmıştır.

Sınıflandırma çalışması yapılırken 6 adet veri seti kullanılmıştır. Kullanılan veri setleri "Kaggle" internet sitesinden alınmıştır. Kullanılan veri setleri;

1. Kredibilite - Alman kredi veri seti
2. Kalp krizi olasılığı veri seti
3. Diyabet tahmini veri seti
4. Karar ağacı sınıflandırması veri seti
5. Derin öğrenme ile diyabet veri seti
6. Cinsiyet sınıflandırma veri seti

Sınıflandırma çalışması yapılırken veri setlerinde bulunan veriler ile bir başlangıç popülasyonu oluşturulmaktadır. Başlangıç popülasyondaki veriler uygunluk fonksiyonuna girdi olarak verilirler. Yapılan girdilerden elde edilen sonuçlar yani uygunluk değerleri hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuçlarla hesaplanan uygunluk değerlerinden en yüksek uygunluk değerine sahip bireyler aday olarak seçilmekte ve sahip oldukları uygunluk değerleri ile orantılı olarak klonlanmakta yani kopyalanmaktadır. Adayların sahip oldukları uygunluk değerleri ile orantılı şekilde oluşturulan kopyalar, adayların sahip oldukları uygunluk değerleri ile ters orantılı biçimde mutasyona uğratılmaktadır. Mutasyona uğratıldıktan sonra adayların uygunluk değerleri yeniden hesaplanmaktadır. Oluşturulan her bir kopya popülasyonu, en başta belirlenen aday popülasyonun alt popülasyonudur. Söz konusu her bir alt popülasyonun en yüksek uygunluk değerine sahip bireyleri belirlenmekte ve yaşamasına izin verilmektedir. Bahse konu alt popülasyonun en kötü uygunluk değerine sahip bireyi ise rastgele üretilmiş bireylerle değiştirilmektedir. Gerçekleştirilen bu işlemler sonucunda popülasyonda farklılaşma sağlanmaktadır. Bu farklılaşma sağlanırken veri setlerindeki verilerin %80'i kullanılmaktadır. Sınıflandırma işlemi yapılırken geliştirilmiş klonal seçim algoritması ile 6, 8 ve 10 adet hücre oluşturulmuştur. Sınıflandırma işlemi için oluşturulan hücreler kullanılarak veri setlerindeki kullanılmayan %20'lik veriler sınıflandırılmaktadır. Yapılan sınıflandırma

neticesinde doğruluk değerleri hesaplanmış ve sonuçlar hücre sayısına göre karşılaştırılmıştır. Her veri seti 10 defa sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur.

Kullanılan veri setleri WEKA yazılımında “Naive Bayes” ve “ZeroR” algoritmaları ile sınıflandırma işlemine tabi tutulmuş olup, elde edilen sonuçlar geliştirilmiş klonal seçim algoritmasında elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

6.1. Kredibilite - Alman Kredi Veri Seti

Bir bankaya kredi başvurusu yapıldığında, söz konusu banka, kredi başvurusunu, başvuru sahibinin profiline göre değerlendirmektedir. Banka kredi başvurusu hakkında kredi başvurusu yapan kişinin bazı özelliklerine bakarak risk analizi yapmakta ve kişinin kredi almasının uygun olup olmadığına karar vermektedir.

Kredi başvurusu yapan kişinin kredi riski, başvuru sahibinin krediyi geri ödeme veya ödeyememe durumuna göre belirlenmektedir. Başvuru sahibinin krediyi geri ödeme olasılığı yüksek ise kredi onayı verilir ancak başvuru sahibinin krediyi geri ödeme olasılığı yüksek ise kredi onayı verilmez.

WEKA yazılımında yapılan sınıflandırma çalışmasında Naive Bayes algoritması ile %73, ZeroR algoritması ile %70 doğruluk oranı bulunmuştur.

Söz konusu veri seti 1000 kişi ve 21 özellik olmak üzere toplam 21000 veriden oluşmaktadır. Bahse konu özellikler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.1. Kredibilite-Alman kredi veri seti özellikleri

Sıra numarası	Özellikler
1.	Kredibilite
2.	Hesap bakiyesi
3.	Kredi süresi
4.	Önceki kredinin ödeme durumu
5.	Amaç
6.	Kredi miktarı
7.	Değer tasarruf hisse senetleri
8.	Mevcut istihdamın süresi
9.	Taksit yüzdesi
10.	Medeni durumu
11.	Garantörler
12.	Güncel adreste bulunma süresi
13.	Mevcut en değerli varlık
14.	Yaş
15.	Eşzamanlı krediler
16.	Daire tipi
17.	Bankadaki kredi sayısı
18.	Meslek
19.	Bağımlı sayısı
20.	Telefon
21.	Yabancı işçi

Oluşturulan gen sayılarına göre yapılan sınıflandırma çalışması doğruluk oranları aşağıdaki çizelgede olduğu gibidir.

Çizelge 6.2. Kredibilite-Alman kredi veri seti sınıflandırma doğruluk oranları

Test sayısı	6 hücre sonuçları	8 hücre sonuçları	10 hücre sonuçları
1.	%70,00	%70,50	%70,00
2.	%71,00	%74,00	%69,50
3.	%70,00	%70,00	%70,00
4.	%70,00	%70,00	%73,50
5.	%70,00	%70,00	%68,50
6.	%72,50	%72,50	%70,00
7.	%72,00	%71,50	%70,00
8.	%71,50	%70,00	%73,00
9.	%70,00	%70,00	%70,00
10.	%70,00	%70,00	%70,00

6 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.3. Kredibilite-Alman kredi veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre
1.	8,64 sn.	16,62 sn.	24,00 sn.	32,66 sn.	42,45 sn.	52,21 sn.
2.	10,85 sn.	19,79 sn.	28,93 sn.	36,81 sn.	44,83 sn.	61,90 sn.
3.	8,69 sn.	17,04 sn.	25,48 sn.	33,58 sn.	41,66 sn.	50,17 sn.
4.	10,52 sn.	20,05 sn.	28,50 sn.	36,87 sn.	45,70 sn.	54,79 sn.
5.	10,63 sn.	19,98 sn.	28,85 sn.	37,73 sn.	46,70 sn.	56,13 sn.
6.	8,94 sn.	16,45 sn.	24,01 sn.	31,99 sn.	40,17 sn.	48,22 sn.
7.	9,73 sn.	18,75 sn.	27,56 sn.	36,72 sn.	45,85 sn.	55,02 sn.
8.	9,45 sn.	18,04 sn.	26,80 sn.	35,16 sn.	43,66 sn.	52,78 sn.
9.	9,59 sn.	18,54 sn.	26,82 sn.	35,35 sn.	44,51 sn.	53,10 sn.
10.	9,66 sn.	18,46 sn.	27,52 sn.	37,11 sn.	46,43 sn.	56,71 sn.

8 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.4. Kredibilite-Alman kredi veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre	7. hücre	8. hücre
1.	8,41 sn.	15,97 sn.	23,83 sn.	32,72 sn.	41,90 sn.	50,96 sn.	60,45 sn.	69,66 sn.
2.	10,08 sn.	18,06 sn.	26,08 sn.	34,75 sn.	43,00 sn.	51,28 sn.	60,15 sn.	69,04 sn.
3.	8,41 sn.	15,71 sn.	23,03 sn.	31,69 sn.	40,72 sn.	50,22 sn.	59,50 sn.	68,55 sn.
4.	8,70 sn.	16,58 sn.	24,32 sn.	32,08 sn.	40,46 sn.	48,31 sn.	56,35 sn.	64,47 sn.
5.	9,50 sn.	18,66 sn.	26,53 sn.	34,23 sn.	42,02 sn.	50,01 sn.	57,96 sn.	66,87 sn.
6.	8,69 sn.	15,98 sn.	23,21 sn.	30,71 sn.	38,56 sn.	46,43 sn.	54,64 sn.	62,96 sn.
7.	8,23 sn.	15,58 sn.	23,11 sn.	30,78 sn.	38,57 sn.	47,38 sn.	56,80 sn.	68,08 sn.
8.	9,43 sn.	17,31 sn.	26,04 sn.	34,89 sn.	43,78 sn.	52,89 sn.	62,30 sn.	71,64 sn.
9.	7,99 sn.	15,43 sn.	23,11 sn.	30,90 sn.	38,46 sn.	46,21 sn.	54,25 sn.	62,15 sn.
10.	8,50 sn.	15,96 sn.	23,45 sn.	30,90 sn.	38,95 sn.	46,83 sn.	55,79 sn.	65,45 sn.

10 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.5. Kredibilite-Alman kredi veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1.hücre	2.hücre	3.hücre	4.hücre	5.hücre	6.hücre	7.hücre	8.hücre	9.hücre	10.hücre
1.	9,10 sn.	16,96 sn.	25,47 sn.	34,64 sn.	43,85 sn.	53,16 sn.	62,15 sn.	71,56 sn.	81,43 sn.	91,10 sn.
2.	9,92 sn.	18,34 sn.	27,50 sn.	36,27 sn.	44,63 sn.	53,32 sn.	62,48 sn.	71,55 sn.	81,00 sn.	91,39 sn.
3.	9,57 sn.	18,26 sn.	26,99 sn.	35,71 sn.	44,68 sn.	54,42 sn.	63,61 sn.	73,14 sn.	83,15 sn.	92,77 sn.
4.	8,84 sn.	17,22 sn.	25,64 sn.	34,40 sn.	43,32 sn.	51,81 sn.	61,50 sn.	70,58 sn.	79,91 sn.	89,46 sn.
5.	10,04 sn.	19,31 sn.	27,85 sn.	36,62 sn.	45,66 sn.	54,83 sn.	64,27 sn.	73,93 sn.	83,61 sn.	93,43 sn.
6.	9,35 sn.	18,25 sn.	27,18 sn.	36,26 sn.	45,32 sn.	54,79 sn.	64,40 sn.	74,11 sn.	83,91 sn.	93,30 sn.
7.	8,39 sn.	17,09 sn.	25,94 sn.	35,78 sn.	45,67 sn.	55,58 sn.	65,82 sn.	76,09 sn.	87,03 sn.	97,58 sn.
8.	9,04 sn.	18,17 sn.	27,14 sn.	35,93 sn.	45,12 sn.	54,56 sn.	63,80 sn.	73,08 sn.	82,39 sn.	93,31 sn.
9.	8,63 sn.	16,45 sn.	23,58 sn.	30,85 sn.	38,19 sn.	47,66 sn.	56,77 sn.	66,08 sn.	75,19 sn.	84,08 sn.
10.	8,88 sn.	17,24 sn.	25,33 sn.	33,99 sn.	43,81 sn.	53,91 sn.	63,83 sn.	73,84 sn.	84,53 sn.	95,04 sn.

6.2. Kalp Krizi Olasılığı Veri Seti

Sağlık Hizmeti: Kalp Krizi Olasılığı Veri Seti; belirlenen adayların bazı sağlık verilerinin kullanılarak kalp krizi olasılıklarını hesaplamak amacı ile oluşturulmuştur.

WEKA yazılımında yapılan sınıflandırma çalışmasında Naive Bayes algoritması ile %82,8383, ZeroR algoritması ile %54,4554 doğruluk oranı bulunmuştur.

Söz konusu veri seti 303 kişi ve 14 özellik olmak üzere toplam 4242 veriden oluşmaktadır.

Bahse konu özellikler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.6. Kalp krizi olasılığı veri seti özellikleri

Sıra numarası	Özellikler
1.	Yaş
2.	Cinsiyet
3.	Göğüs ağrısı tipi
4.	Dinlenme kan basıncı
5.	Kolesterol oranı
6.	Açlık kan şekeri
7.	Dinlenme elektrokardiyografik sonuçları
8.	Maksimum kalp atış hızı
9.	Egzersize bağlı göğüs ağrısı
10.	Dinlenmeye bağlı ST yoğunluğu
11.	Egzersiz anında en yüksek ST yoğunluğu
12.	Kalsiyum
13.	Normal, sabit ve tersine çevrilebilir kusur
14.	Hedef

Oluşturulan gen sayılarına göre yapılan sınıflandırma çalışması doğruluk oranları aşağıdaki çizelgede olduğu gibidir.

Çizelge 6.7. Kalp krizi olasılığı veri seti sınıflandırma doğruluk oranları

Test sayısı	6 hücre sonuçları	8 hücre sonuçları	10 hücre sonuçları
1.	%80,33	%75,41	%72,13
2.	%80,33	%80,33	%77,05
3.	%77,05	%72,13	%78,69
4.	%81,97	%73,77	%81,97
5.	%73,77	%75,41	%85,25
6.	%75,41	%80,33	%78,69
7.	%81,97	%72,13	%77,05
8.	%80,33	%73,77	%68,85
9.	%83,61	%78,69	%73,77
10.	%81,97	%78,69	%73,77

6 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.8. Kalp krizi olasılığı veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre
1.	1,41 sn.	2,63 sn.	4,09 sn.	5,30 sn.	6,29 sn.	7,28 sn.
2.	1,48 sn.	2,55 sn.	3,44 sn.	4,44 sn.	5,41 sn.	6,38 sn.
3.	1,34 sn.	2,43 sn.	3,54 sn.	4,55 sn.	5,51 sn.	6,61 sn.
4.	1,40 sn.	2,48 sn.	3,55 sn.	4,62 sn.	5,62 sn.	6,70 sn.
5.	1,25 sn.	2,28 sn.	3,23 sn.	4,15 sn.	5,14 sn.	6,07 sn.
6.	1,45 sn.	2,60 sn.	3,66 sn.	4,50 sn.	5,39 sn.	6,27 sn.
7.	1,60 sn.	2,82 sn.	3,99 sn.	5,14 sn.	6,20 sn.	7,19 sn.
8.	1,46 sn.	2,69 sn.	3,71 sn.	4,75 sn.	5,67 sn.	6,74 sn.
9.	1,34 sn.	2,74 sn.	3,87 sn.	5,13 sn.	6,40 sn.	7,57 sn.
10.	1,22 sn.	2,31 sn.	3,34 sn.	4,18 sn.	5,12 sn.	6,07 sn.

8 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.9. Kalp krizi olasılığı veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre	7. hücre	8. hücre
1.	1,13 sn.	2,08 sn.	2,97 sn.	3,85 sn.	4,80 sn.	5,66 sn.	6,55 sn.	7,41 sn.
2.	1,30 sn.	2,18 sn.	3,15 sn.	4,08 sn.	4,93 sn.	5,85 sn.	6,76 sn.	7,71 sn.
3.	1,28 sn.	2,33 sn.	3,53 sn.	4,52 sn.	5,50 sn.	6,67 sn.	7,68 sn.	8,65 sn.
4.	1,26 sn.	2,32 sn.	3,23 sn.	4,14 sn.	5,04 sn.	5,95 sn.	6,89 sn.	7,86 sn.
5.	1,74 sn.	2,93 sn.	4,51 sn.	5,71 sn.	6,97 sn.	8,12 sn.	9,30 sn.	10,43 sn.
6.	1,36 sn.	2,34 sn.	3,39 sn.	4,42 sn.	5,37 sn.	6,37 sn.	7,39 sn.	8,42 sn.
7.	1,33 sn.	2,36 sn.	3,47 sn.	4,40 sn.	5,32 sn.	6,30 sn.	7,33 sn.	8,31 sn.
8.	1,35 sn.	2,44 sn.	3,45 sn.	4,46 sn.	5,45 sn.	6,42 sn.	7,42 sn.	8,48 sn.
9.	1,32 sn.	2,54 sn.	3,64 sn.	4,78 sn.	5,84 sn.	6,99 sn.	8,05 sn.	9,16 sn.
10.	1,16 sn.	2,22 sn.	3,17 sn.	4,07 sn.	5,02 sn.	5,88 sn.	6,84 sn.	7,82 sn.

10 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.10. Kalp krizi olasılığı veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1.hücre	2.hücre	3.hücre	4.hücre	5.hücre	6.hücre	7.hücre	8.hücre	9.hücre	10.hücre
1.	1,24 sn.	2,31 sn.	3,33 sn.	4,30 sn.	5,34 sn.	6,42 sn.	7,47 sn.	8,60 sn.	9,72 sn.	10,82 sn.
2.	1,39 sn.	2,41 sn.	3,37 sn.	4,40 sn.	5,34 sn.	6,30 sn.	7,30 sn.	8,35 sn.	9,38 sn.	10,40 sn.
3.	1,38 sn.	2,56 sn.	3,85 sn.	5,22 sn.	6,41 sn.	7,56 sn.	8,74 sn.	9,82 sn.	10,84 sn.	11,91 sn.
4.	1,39 sn.	3,04 sn.	4,62 sn.	6,13 sn.	7,44 sn.	8,69 sn.	10,02 sn.	11,31 sn.	12,60 sn.	13,92 sn.
5.	1,32 sn.	2,47 sn.	3,59 sn.	4,78 sn.	5,76 sn.	6,90 sn.	7,97 sn.	9,06 sn.	10,17 sn.	11,35 sn.
6.	1,60 sn.	2,69 sn.	3,78 sn.	4,85 sn.	5,91 sn.	6,89 sn.	7,93 sn.	8,93 sn.	9,94 sn.	11,00 sn.
7.	1,25 sn.	2,25 sn.	3,16 sn.	4,04 sn.	4,89 sn.	5,79 sn.	6,66 sn.	7,71 sn.	8,73 sn.	9,73 sn.
8.	1,24 sn.	2,35 sn.	3,31 sn.	4,26 sn.	5,19 sn.	5,99 sn.	6,88 sn.	7,88 sn.	8,90 sn.	9,85 sn.
9.	1,23 sn.	2,30 sn.	3,22 sn.	4,25 sn.	5,18 sn.	6,11 sn.	6,94 sn.	7,96 sn.	8,86 sn.	9,92 sn.
10.	1,71 sn.	2,82 sn.	4,02 sn.	5,32 sn.	6,54 sn.	7,79 sn.	9,13 sn.	10,42 sn.	11,77 sn.	12,99 sn.

6.3. Diyabet Tahmini Veri Seti

Diyabet Tahmini Veri Seti; Pima Kızılderilileri diyabet veri tabanının bir parçası olarak "Ulusal Diyabet ve Sindirim ve Böbrek Hastalıkları Enstitüsü" tarafından toplanmış ve kullanıma sunulmuştur. Bahse konu veri setindeki tüm hastalar Pima Kızılderili mirasına (Yerli Amerikalıların alt grubu) aittir ve 21 yaş üstü kadınlardan oluşmaktadır.

WEKA yazılımında yapılan sınıflandırma çalışmasında Naive Bayes algoritması ile %76,3021, ZeroR algoritması ile %65,1042 doğruluk oranı bulunmuştur.

Söz konusu veri seti 768 kişi ve 9 özellik olmak üzere toplam 6912 veriden oluşmaktadır.

Bahse konu özellikler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.11. Diyabet tahmini veri seti özellikleri

Sıra numarası	Özellikler
1.	Gebelikler
2.	Glikoz
3.	Tansiyon
4.	Cilt kalınlığı
5.	İnsülin
6.	Vücut-kitle endeksi
7.	Diyabet soyağacı fonksiyonu
8.	Yaş
9.	Sonuç

Oluşturulan gen sayılarına göre yapılan sınıflandırma çalışması doğruluk oranları aşağıdaki çizelgede olduğu gibidir.

Çizelge 6.12. Diyabet tahmini veri seti sınıflandırma doğruluk oranları

Test sayısı	6 hücre sonuçları	8 hücre sonuçları	10 hücre sonuçları
1.	%72,73	%77,27	%75,32
2.	%67,53	%70,13	%70,78
3.	%70,78	%72,73	%70,13
4.	%77,27	%69,48	%72,73
5.	%72,73	%64,94	%74,03
6.	%68,18	%75,97	%75,97
7.	%70,13	%69,48	%75,97
8.	%72,08	%70,78	%77,27
9.	%68,18	%75,97	%69,48
10.	%62,34	%70,78	%73,38

6 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.13. Diyabet tahmini veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre
1.	3,62 sn.	7,00 sn.	10,27 sn.	13,79 sn.	17,38 sn.	21,27 sn.
2.	3,99 sn.	7,65 sn.	11,19 sn.	15,15 sn.	19,56 sn.	23,56 sn.
3.	3,96 sn.	7,49 sn.	11,00 sn.	14,40 sn.	18,19 sn.	22,21 sn.
4.	3,68 sn.	7,14 sn.	10,69 sn.	14,30 sn.	18,08 sn.	21,95 sn.
5.	3,69 sn.	7,02 sn.	10,32 sn.	13,66 sn.	17,45 sn.	21,33 sn.
6.	3,74 sn.	7,26 sn.	10,51 sn.	14,10 sn.	17,59 sn.	21,49 sn.
7.	3,84 sn.	7,07 sn.	10,33 sn.	13,96 sn.	17,59 sn.	21,47 sn.
8.	4,04 sn.	7,45 sn.	40,61 sn.	13,90 sn.	17,71 sn.	21,55 sn.
9.	3,98 sn.	7,24 sn.	10,23 sn.	13,64 sn.	17,17 sn.	20,72 sn.
10.	3,77 sn.	7,35 sn.	10,88 sn.	14,41 sn.	18,08 sn.	22,13 sn.

8 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.14. Diyabet tahmini veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre	7. hücre	8. hücre
1.	3,66 sn.	7,32 sn.	10,96 sn.	14,60 sn.	18,09 sn.	21,86 sn.	25,61 sn.	29,58 sn.
2.	4,43 sn.	7,62 sn.	10,83 sn.	14,07 sn.	17,64 sn.	21,05 sn.	24,99 sn.	28,96 sn.
3.	3,92 sn.	7,32 sn.	10,69 sn.	13,93 sn.	17,37 sn.	21,18 sn.	25,19 sn.	29,32 sn.
4.	3,52 sn.	7,24 sn.	10,77 sn.	14,55 sn.	18,44 sn.	22,28 sn.	26,33 sn.	30,73 sn.
5.	3,87 sn.	7,26 sn.	10,73 sn.	14,32 sn.	18,01 sn.	22,01 sn.	26,12 sn.	30,25 sn.
6.	3,75 sn.	7,12 sn.	10,32 sn.	13,67 sn.	17,41 sn.	21,05 sn.	24,93 sn.	28,90 sn.
7.	3,47 sn.	6,88 sn.	10,31 sn.	14,05 sn.	18,01 sn.	22,04 sn.	26,26 sn.	30,61 sn.
8.	3,57 sn.	6,66 sn.	10,05 sn.	13,58 sn.	17,35 sn.	21,43 sn.	25,75 sn.	30,15 sn.
9.	3,86 sn.	7,53 sn.	10,97 sn.	14,30 sn.	18,11 sn.	22,24 sn.	26,28 sn.	30,71 sn.
10.	3,53 sn.	6,75 sn.	10,17 sn.	13,74 sn.	17,27 sn.	21,05 sn.	24,95 sn.	29,18 sn.

10 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.15. Diyabet tahmini veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1.hücre	2.hücre	3.hücre	4.hücre	5.hücre	6.hücre	7.hücre	8.hücre	9.hücre	10.hücre
1.	3,95 sn.	7,60 sn.	11,18 sn.	14,81 sn.	18,45 sn.	22,24 sn.	26,17 sn.	30,50 sn.	34,70 sn.	39,46 sn.
2.	3,51 sn.	6,95 sn.	10,35 sn.	14,13 sn.	18,01 sn.	22,24 sn.	26,41 sn.	30,50 sn.	34,67 sn.	38,82 sn.
3.	3,53 sn.	6,78 sn.	10,06 sn.	13,81 sn.	17,67 sn.	21,59 sn.	25,45 sn.	29,65 sn.	33,77 sn.	38,16 sn.
4.	4,05 sn.	7,45 sn.	10,54 sn.	14,00 sn.	17,62 sn.	21,34 sn.	25,33 sn.	29,70 sn.	33,84 sn.	38,06 sn.
5.	4,20 sn.	7,77 sn.	11,09 sn.	14,60 sn.	18,36 sn.	22,37 sn.	26,36 sn.	30,46 sn.	34,89 sn.	39,42 sn.
6.	3,78 sn.	7,02 sn.	10,28 sn.	13,77 sn.	17,32 sn.	21,11 sn.	24,90 sn.	28,75 sn.	32,56 sn.	36,76 sn.
7.	3,70 sn.	6,96 sn.	10,32 sn.	13,74 sn.	17,62 sn.	21,33 sn.	25,27 sn.	29,30 sn.	33,43 sn.	37,69 sn.
8.	3,81 sn.	7,32 sn.	10,89 sn.	14,38 sn.	18,04 sn.	21,85 sn.	25,99 sn.	30,04 sn.	34,40 sn.	38,69 sn.
9.	4,02 sn.	7,34 sn.	10,73 sn.	14,03 sn.	17,63 sn.	21,32 sn.	25,13 sn.	29,15 sn.	33,14 sn.	37,32 sn.
10.	3,89 sn.	7,21 sn.	10,80 sn.	14,26 sn.	17,90 sn.	21,76 sn.	25,70 sn.	29,76 sn.	33,87 sn.	38,22 sn.

6.4. Karar Ağacı Sınıflandırması Veri Seti

Karar Ağacı Sınıflandırması Veri Seti; fatura doğrulama hususunda oluşturulmuştur. Bu veri setinde karar ağacı yöntemi ile fatura doğrulama sınıflandırılması yapılmıştır.

WEKA yazılımında yapılan sınıflandırma çalışmasında Naive Bayes algoritması ile %84,2566, ZeroR algoritması ile %55,5394 doğruluk oranı bulunmuştur.

Söz konusu veri seti 1372 örnek ve 5 özellik olmak üzere toplam 6860 veriden

oluşmaktadır. Bahse konu özellikler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.16. Karar ağacı sınıflandırması veri seti özellikleri

Sıra numarası	Özellikler
1.	Varyans
2.	Çarpıklık
3.	Basıklık
4.	Entropi
5.	Sınıf

Oluşturulan gen sayılarına göre yapılan sınıflandırma çalışması doğruluk oranları aşağıdaki çizelgede olduğu gibidir.

Çizelge 6.17. Karar ağacı sınıflandırması veri seti sınıflandırma doğruluk oranları

Test sayısı	6 hücre sonuçları	8 hücre sonuçları	10 hücre sonuçları
1.	%94,16	%92,34	%96,72
2.	%93,80	%93,80	%95,26
3.	%94,89	%93,43	%93,07
4.	%93,80	%94,53	%93,43
5.	%95,99	%90,88	%90,15
6.	%96,72	%94,89	%94,16
7.	%95,26	%95,99	%97,81
8.	%89,42	%95,62	%93,43
9.	%93,80	%92,34	%94,16
10.	%97,81	%87,96	%93,07

6 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.18. Karar ağacı sınıflandırması veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre
1.	2,66 sn.	12,10 sn.	26,89 sn.	52,65 sn.	86,97 sn.	123,03 sn.
2.	1,75 sn.	9,51 sn.	29,05 sn.	54,53 sn.	87,54 sn.	124,91 sn.
3.	1,88 sn.	9,60 sn.	25,06 sn.	48,91 sn.	74,63 sn.	110,01 sn.
4.	1,75 sn.	10,90 sn.	31,09 sn.	58,24 sn.	88,71 sn.	125,39 sn.
5.	1,74 sn.	8,46 sn.	27,15 sn.	52,25 sn.	84,67 sn.	120,82 sn.
6.	1,68 sn.	10,24 sn.	26,83 sn.	48,98 sn.	78,21 sn.	113,51 sn.
7.	3,12 sn.	13,15 sn.	33,72 sn.	60,34 sn.	93,51 sn.	129,19 sn.
8.	1,84 sn.	9,57 sn.	26,57 sn.	49,37 sn.	81,11 sn.	116,33 sn.
9.	2,41 sn.	11,83 sn.	29,84 sn.	55,79 sn.	87,27 sn.	123,22 sn.
10.	1,66 sn.	10,40 sn.	28,63 sn.	54,96 sn.	87,70 sn.	123,96 sn.

8 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.19. Karar ağacı sınıflandırması veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre	7. hücre	8. hücre
1.	4,04 sn.	17,22 sn.	38,54 sn.	67,19 sn.	102,14 sn.	145,70 sn.	184,39 sn.	228,66 sn.
2.	1,67 sn.	10,09 sn.	25,19 sn.	47,99 sn.	79,99 sn.	113,04 sn.	151,22 sn.	192,82 sn.
3.	2,00 sn.	10,78 sn.	29,53 sn.	57,45 sn.	89,65 sn.	124,71 sn.	163,68 sn.	202,98 sn.
4.	2,10 sn.	11,27 sn.	29,70 sn.	54,01 sn.	85,28 sn.	119,75 sn.	157,45 sn.	197,80 sn.
5.	1,89 sn.	9,60 sn.	24,16 sn.	49,13 sn.	79,41 sn.	115,16 sn.	154,19 sn.	197,40 sn.
6.	2,28 sn.	14,37 sn.	38,64 sn.	69,92 sn.	107,12 sn.	144,23 sn.	188,50 sn.	236,66 sn.
7.	2,63 sn.	13,75 sn.	35,16 sn.	64,54 sn.	97,90 sn.	136,09 sn.	177,51 sn.	221,34 sn.
8.	1,83 sn.	11,09 sn.	29,82 sn.	56,00 sn.	90,85 sn.	129,49 sn.	172,13 sn.	216,88 sn.
9.	2,47 sn.	11,96 sn.	30,36 sn.	55,44 sn.	87,48 sn.	122,46 sn.	157,29 sn.	196,99 sn.
10.	1,91 sn.	10,96 sn.	30,21 sn.	59,20 sn.	90,52 sn.	129,59 sn.	169,95 sn.	212,51 sn.

10 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.20. Karar ağacı sınıflandırması veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1.hücre	2.hücre	3.hücre	4.hücre	5.hücre	6.hücre	7.hücre	8.hücre	9.hücre	10.hücre
1.	1,77 sn.	9,84 sn.	28,64 sn.	56,14 sn.	87,83 sn.	122,53 sn.	160,52 sn.	200,11 sn.	245,71 sn.	291,35 sn.
2.	1,67 sn.	9,36 sn.	26,18 sn.	52,96 sn.	81,72 sn.	118,11 sn.	158,00 sn.	204,20 sn.	249,88 sn.	294,08 sn.
3.	2,32 sn.	11,76 sn.	29,69 sn.	53,36 sn.	84,41 sn.	120,85 sn.	159,78 sn.	201,33 sn.	244,75 sn.	289,94 sn.
4.	2,23 sn.	10,10 sn.	29,45 sn.	54,82 sn.	88,59 sn.	127,45 sn.	164,63 sn.	204,91 sn.	248,39 sn.	295,65 sn.
5.	1,63 sn.	8,56 sn.	23,71 sn.	44,98 sn.	72,43 sn.	104,77 sn.	136,30 sn.	172,92 sn.	212,34 sn.	256,41 sn.
6.	1,77 sn.	9,73 sn.	23,92 sn.	48,42 sn.	78,46 sn.	113,15 sn.	153,26 sn.	196,43 sn.	241,42 sn.	289,83 sn.
7.	2,31 sn.	12,04 sn.	29,08 sn.	55,60 sn.	87,01 sn.	124,54 sn.	165,11 sn.	207,57 sn.	254,41 sn.	298,45 sn.
8.	2,23 sn.	10,77 sn.	31,47 sn.	58,06 sn.	90,17 sn.	127,66 sn.	167,28 sn.	210,73 sn.	258,25 sn.	307,85 sn.
9.	2,13 sn.	12,09 sn.	32,07 sn.	60,22 sn.	93,05 sn.	130,51 sn.	170,22 sn.	217,06 sn.	261,88 sn.	307,37 sn.
10.	1,77 sn.	11,28 sn.	31,89 sn.	60,82 sn.	94,51 sn.	129,48 sn.	169,35 sn.	215,89 sn.	265,36 sn.	313,95 sn.

6.5. Derin Öğrenme ile Diyabet Veri Seti

Derin Öğrenme ile Diyabet Tahmini Veri Seti; 768 kişi ve 9 özellik olmak üzere toplam 6912 veriden oluşmaktadır.

WEKA yazılımında yapılan sınıflandırma çalışmasında Naive Bayes algoritması ile %76,15, ZeroR algoritması ile %65,80 doğruluk oranı bulunmuştur.

Bahse konu veri setinin özellikleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.21. Derin öğrenme ile diyabet veri seti özellikleri

Sıra numarası	Özellikler
1.	Gebelikler
2.	Glikoz
3.	Tansiyon
4.	Cilt kalınlığı
5.	İnsülin
6.	Vücut-kitle endeksi
7.	Diyabet soyağacı fonksiyonu
8.	Yaş
9.	Sonuç

Oluşturulan gen sayılarına göre yapılan sınıflandırma çalışması doğruluk oranları aşağıdaki çizelgede olduğu gibidir.

Çizelge 6.22. Derin öğrenme ile diyabet veri seti sınıflandırma doğruluk oranları

Test sayısı	6 hücre sonuçları	8 hücre sonuçları	10 hücre sonuçları
1.	%74,75	%69,25	%69,00
2.	%73,00	%69,50	%65,00
3.	%69,25	%68,00	%71,25
4.	%70,75	%71,00	%70,25
5.	%73,25	%70,25	%71,75
6.	%73,75	%72,00	%63,50
7.	%70,75	%67,75	%66,25
8.	%69,00	%76,25	%68,25
9.	%68,50	%71,75	%67,25
10.	%67,50	%69,00	%72,00

6 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.23. Derin öğrenme ile diyabet veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre
1.	10,55 sn.	24,32 sn.	42,79 sn.	64,32 sn.	89,50 sn.	100,92 sn.
2.	10,27 sn.	25,31 sn.	43,54 sn.	66,04 sn.	92,20 sn.	121,90 sn.
3.	10,76 sn.	26,41 sn.	45,79 sn.	71,95 sn.	99,58 sn.	127,76 sn.
4.	10,16 sn.	25,09 sn.	44,32 sn.	69,07 sn.	100,41 sn.	133,76 sn.
5.	10,10 sn.	25,40 sn.	46,50 sn.	70,93 sn.	100,47 sn.	131,97 sn.
6.	10,06 sn.	25,23 sn.	44,75 sn.	67,85 sn.	95,41 sn.	123,90 sn.
7.	9,64 sn.	23,53 sn.	43,56 sn.	67,51 sn.	97,60 sn.	128,06 sn.
8.	11,04 sn.	25,57 sn.	46,29 sn.	72,12 sn.	102,64 sn.	136,72 sn.
9.	10,79 sn.	25,48 sn.	45,56 sn.	71,68 sn.	101,22 sn.	133,73 sn.
10.	10,55 sn.	25,83 sn.	45,56 sn.	71,54 sn.	99,44 sn.	129,48 sn.

8 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.24. Derin öğrenme ile diyabet veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre	7. hücre	8. hücre
1.	10,55 sn.	26,32 sn.	48,93 sn.	77,07 sn.	106,79 sn.	139,19 sn.	174,62 sn.	208,34 sn.
2.	10,86 sn.	25,36 sn.	44,25 sn.	67,67 sn.	94,57 sn.	124,16 sn.	159,58 sn.	195,84 sn.
3.	10,16 sn.	25,27 sn.	45,41 sn.	68,63 sn.	95,61 sn.	125,16 sn.	157,56 sn.	192,48 sn.
4.	11,00 sn.	27,74 sn.	49,57 sn.	73,56 sn.	116,63 sn.	154,59 sn.	193,05 sn.	240,04 sn.
5.	10,60 sn.	26,55 sn.	48,49 sn.	73,08 sn.	104,21 sn.	137,80 sn.	171,85 sn.	209,77 sn.
6.	11,17 sn.	27,47 sn.	46,25 sn.	70,61 sn.	97,28 sn.	127,81 sn.	161,10 sn.	197,58 sn.
7.	10,77 sn.	26,82 sn.	46,53 sn.	74,49 sn.	103,46 sn.	137,05 sn.	176,46 sn.	216,35 sn.
8.	10,90 sn.	24,79 sn.	42,01 sn.	64,00 sn.	89,72 sn.	118,06 sn.	148,03 sn.	180,63 sn.
9.	11,26 sn.	26,67 sn.	52,78 sn.	88,35 sn.	119,53 sn.	151,53 sn.	187,48 sn.	224,80 sn.
10.	10,39 sn.	28,47 sn.	52,93 sn.	82,87 sn.	115,95 sn.	148,13 sn.	185,97 sn.	223,02 sn.

10 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.25. Derin öğrenme ile diyabet veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1.hücre	2.hücre	3.hücre	4.hücre	5.hücre	6.hücre	7.hücre	8.hücre	9.hücre	10.hücre
1.	10,91 sn.	24,96 sn.	42,06 sn.	64,03 sn.	90,52 sn.	117,71 sn.	148,18 sn.	183,95 sn.	225,25 sn.	270,42 sn.
2.	11,84 sn.	28,48 sn.	50,06 sn.	74,42 sn.	101,10 sn.	135,10 sn.	171,45 sn.	208,74 sn.	249,62 sn.	289,86 sn.
3.	11,73 sn.	26,75 sn.	46,20 sn.	69,74 sn.	98,92 sn.	127,75 sn.	162,31 sn.	196,64 sn.	232,93 sn.	271,92 sn.
4.	10,03 sn.	24,88 sn.	43,45 sn.	66,31 sn.	92,96 sn.	123,06 sn.	157,31 sn.	193,35 sn.	229,98 sn.	272,10 sn.
5.	11,05 sn.	25,62 sn.	46,77 sn.	72,08 sn.	101,51 sn.	135,54 sn.	172,67 sn.	207,81 sn.	248,05 sn.	293,52 sn.
6.	10,96 sn.	25,40 sn.	42,82 sn.	65,20 sn.	92,18 sn.	124,85 sn.	161,06 sn.	199,56 sn.	238,33 sn.	279,38 sn.
7.	11,58 sn.	26,53 sn.	43,22 sn.	64,76 sn.	92,33 sn.	125,80 sn.	162,70 sn.	198,32 sn.	237,50 sn.	276,07 sn.
8.	10,00 sn.	22,22 sn.	41,00 sn.	64,53 sn.	90,36 sn.	117,14 sn.	149,12 sn.	183,26 sn.	221,00 sn.	263,56 sn.
9.	11,62 sn.	25,86 sn.	46,42 sn.	73,93 sn.	101,35 sn.	130,66 sn.	162,51 sn.	198,40 sn.	234,86 sn.	275,16 sn.
10.	10,33 sn.	24,98 sn.	48,66 sn.	72,08 sn.	101,47 sn.	133,92 sn.	164,71 sn.	200,09 sn.	236,52 sn.	273,49 sn.

6.6. Cinsiyet Sınıflandırma Veri Seti

Cinsiyet Sınıflandırma Veri Seti; içerisinde bulunan adayların bazı nicel özellikleri ile cinsiyetlerinin sınıflandırılmasını içermektedir. Bahse konu nicel özelliklere göre cinsiyet belirlenme çalışması yapılmıştır.

WEKA yazılımında yapılan sınıflandırma çalışmasında Naive Bayes algoritması ile %97,1206, ZeroR algoritması ile %49,99 doğruluk oranı bulunmuştur.

Söz konusu veri seti 5002 kişi ve 8 özellik olmak üzere toplam 40016 veriden oluşmaktadır. Bahse konu özellikler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.26. Cinsiyet sınıflandırma veri seti özellikleri

Sıra numarası	Özellikler
1.	Uzun saç
2.	Alın genişliği
3.	Alın yüksekliği
4.	Burun genişliği
5.	Burun uzunluğu
6.	Dudak inceliği
7.	Burun ve dudak arasındaki mesafe
8.	Cinsiyet

Oluşturulan gen sayılarına göre yapılan sınıflandırma çalışması doğruluk oranları aşağıdaki çizelgede olduğu gibidir.

Çizelge 6.27. Cinsiyet sınıflandırma veri seti sınıflandırma doğruluk oranları

Test sayısı	6 hücre sonuçları	8 hücre sonuçları	10 hücre sonuçları
1.	%96,60	%96,60	%96,50
2.	%95,80	%95,10	%97,10
3.	%97,00	%95,00	%96,30
4.	%97,81	%95,50	%96,50
5.	%97,10	%96,10	%96,60
6.	%95,80	%95,80	%96,60
7.	%96,50	%96,00	%96,30
8.	%96,60	%96,70	%95,20
9.	%96,10	%95,75	%96,50
10.	%97,80	%95,00	%97,00

6 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.28. Cinsiyet sınıflandırma veri seti 6 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre
1.	84,66 sn.	369,29 sn.	711,67 sn.	1088,49 sn.	1548,22 sn.	2048,78 sn.
2.	82,37 sn.	355,26 sn.	699,65 sn.	1064,43 sn.	1435,42 sn.	1980,63 sn.
3.	85,13 sn.	372,11 sn.	714,58 sn.	1095,43 sn.	1564,12 sn.	2050,10 sn.
4.	84,28 sn.	368,99 sn.	708,25 sn.	1085,77 sn.	1547,41 sn.	2046,44 sn.
5.	83,36 sn.	365,13 sn.	704,68 sn.	1071,11 sn.	1489,56 sn.	1995,45 sn.
6.	84,46 sn.	367,66 sn.	709,69 sn.	1085,73 sn.	1546,32 sn.	2049,26 sn.
7.	82,13 sn.	358,84 sn.	703,13 sn.	1068,41 sn.	1456,10 sn.	1986,54 sn.
8.	86,25 sn.	375,54 sn.	718,35 sn.	1097,31 sn.	1552,45 sn.	2052,46 sn.
9.	84,26 sn.	363,74 sn.	712,68 sn.	1082,68 sn.	1549,40 sn.	2047,96 sn.
10.	85,25 sn.	368,56 sn.	716,57 sn.	1093,25 sn.	1559,46 sn.	2038,78 sn.

8 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.29. Cinsiyet sınıflandırma veri seti 8 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1. hücre	2. hücre	3. hücre	4. hücre	5. hücre	6. hücre	7. hücre	8. hücre
1.	114,83 sn.	528,82 sn.	1068,72 sn.	1753,67 sn.	2499,77 sn.	3260,32 sn.	4092,34 sn.	4682,67 sn.
2.	79,36 sn.	347,58 sn.	667,40 sn.	1095,50 sn.	1540,18 sn.	2021,76 sn.	2546,65 sn.	3139,44 sn.
3.	86,23 sn.	392,27 sn.	711,65 sn.	1289,87 sn.	1826,64 sn.	2489,85 sn.	3468,54 sn.	3956,12 sn.
4.	98,54 sn.	412,32 sn.	786,41 sn.	1356,45 sn.	2135,54 sn.	2787,32 sn.	3895,37 sn.	4234,18 sn.
5.	107,64 sn.	487,65 sn.	986,13 sn.	1538,34 sn.	2248,14 sn.	3036,79 sn.	3962,64 sn.	4492,52 sn.
6.	92,12 sn.	386,78 sn.	762,12 sn.	1310,35 sn.	2086,74 sn.	2682,48 sn.	3689,75 sn.	4056,88 sn.
7.	104,86 sn.	443,23 sn.	853,72 sn.	1426,13 sn.	2196,47 sn.	2888,45 sn.	3774,14 sn.	4347,87 sn.
8.	88,76 sn.	426,44 sn.	723,73 sn.	1316,45 sn.	1915,57 sn.	2499,08 sn.	3511,23 sn.	3992,78 sn.
9.	83,87 sn.	388,69 sn.	688,73 sn.	1139,22 sn.	1733,89 sn.	2345,01 sn.	3014,43 sn.	3785,15 sn.
10.	95,63 sn.	436,17 sn.	788,44 sn.	1392,75 sn.	2090,14 sn.	2763,13 sn.	3729,33 sn.	4241,37 sn.

10 gen oluşturularak yapılan sınıflandırma çalışmasının zaman çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.30. Cinsiyet sınıflandırma veri seti 10 gen ile sınıflandırma süreleri

Test sayısı	1.hücre	2.hücre	3.hücre	4.hücre	5.hücre	6.hücre	7.hücre	8.hücre	9.hücre	10.hücre
1.	88,88 sn.	297,81 sn.	628,88 sn.	1067,32 sn.	1542,49 sn.	2046,58 sn.	2585,11 sn.	3167,33 sn.	3762,69 sn.	4389,02 sn.
2.	79,08 sn.	308,27 sn.	655,33 sn.	1035,39 sn.	1494,14 sn.	2017,75 sn.	2598,20 sn.	3199,57 sn.	3823,17 sn.	4470,35 sn.
3.	63,65 sn.	272,33 sn.	627,20 sn.	1027,66 sn.	1474,69 sn.	1997,13 sn.	2573,05 sn.	3174,79 sn.	3808,25 sn.	4494,12 sn.
4.	93,88 sn.	305,28 sn.	637,44 sn.	1084,21 sn.	1558,62 sn.	2067,28 sn.	2602,99 sn.	3180,68 sn.	3772,97 sn.	4393,16 sn.
5.	85,62 sn.	318,63 sn.	614,55 sn.	977,88 sn.	1415,54 sn.	1860,26 sn.	2359,45 sn.	2925,55 sn.	3517,79 sn.	4143,54 sn.
6.	85,58 sn.	336,03 sn.	699,77 sn.	1054,81 sn.	1474,51 sn.	1935,48 sn.	2457,88 sn.	3015,44 sn.	3590,74 sn.	4176,20 sn.
7.	120,04 sn.	371,31 sn.	680,23 sn.	1087,49 sn.	1590,07 sn.	2137,53 sn.	2721,13 sn.	3299,33 sn.	3894,12 sn.	4506,14 sn.
8.	73,49 sn.	271,53 sn.	602,59 sn.	1026,89 sn.	1469,73 sn.	1952,58 sn.	2480,29 sn.	3056,05 sn.	3659,24 sn.	4285,98 sn.
9.	81,67 sn.	353,86 sn.	687,93 sn.	1095,29 sn.	1571,03 sn.	2071,33 sn.	2625,65 sn.	3241,32 sn.	3893,23 sn.	4574,23 sn.
10.	101,47 sn.	346,26 sn.	694,85 sn.	1136,54 sn.	1618,19 sn.	2108,09 sn.	2678,48 sn.	3299,67 sn.	3957,57 sn.	4627,15 sn.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sınıflandırma konusu yapay zeka ve diğer birçok alanda sıklıkla işlenen ve çözüm getirilmeye çalışılan konulardan biridir. Bu çalışmada geliştirilen klonal seçim algoritması ile söz konusu sınıflandırma problemlerine çözüm getirilmeye çalışılmış ve yüksek doğruluk oranında sınıflandırma yapılmaya çalışılmıştır.

Elde edilen tüm bu sonuçları bilgisayar ortamında görmek ve geliştirilen algoritmanın performans analizlerini yaparak doğruluk oranı sonuçlarını elde edebilmek için MATLAB yazılım programı kullanılmıştır. Elde edilen sınıflandırma doğruluk sonuçlarının karşılaştırılması için WEKA yazılımında Naive Bayes algoritması ve ZeroR algoritması kullanılmıştır.

Sınıflandırma çalışması kapsamında en yüksek sınıflandırma doğruluk oranı %97,81 ile karar ağacı sınıflandırması veri seti ve cinsiyet sınıflandırması veri setinde elde edilmiştir. En düşük sınıflandırma doğruluk oranı ise %74,00 ile kredibilite-Alman kredi veri setinde elde edilmiştir.

Gerçekleştirilen sınıflandırma çalışmasında ölçülen sınıflandırma süreleri her veri setinde veri setinin büyüklüğüne göre değişkenlik göstermiştir. En kısa sınıflandırma süresi kalp krizi olasılığı veri setinde, en yüksek sınıflandırma süresi ise cinsiyet sınıflandırma veri setinde ölçülmüştür.

Geliştirilmiş algoritma ile yapılan sınıflandırma çalışmalarında, WEKA yazılımında Navie Bayes algoritması ve ZeroR algoritması kullanılarak yapılan sınıflandırma çalışmalarında elde edilen sonuçlardan daha yüksek doğruluk oranı elde edilmiştir. Bir başka deyişle kullanılan numerik veri setlerinde geliştirilen algoritma ile elde edilen sınıflandırma doğruluk sonuçları, Navie Bayes algoritması ve ZeroR algoritması kullanılarak elde edilen doğruluk sonuçlarından daha iyidir.

Çalışmada elde dilen sınıflandırma doğruluk oranları ve zaman ölçümleri; veri setlerinin eleman sayısı, veri setinin özellik sayısı ve söz konusu özelliklerin değer aralığı farkına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir.

Çalışmada elde edilen sınıflandırma doğruluk oranları ve ölçülen sınıflandırma süreleri daha sonra yapılacak çalışmalara yardımcı olabileceği ve katkı sağlayabileceği; sınıflandırma problemine çözüm için geliştirilen algoritmanın ise daha sonraki sınıflandırma çalışmalarında kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Farklı yaklaşımlar ve yöntemler kullanılarak çalışmada kullanılan algoritma daha fazla geliştirilebilir veya yeni bir algoritma oluşturularak sınıflandırma konusuna farklı bir çözüm üretilebilir.

KAYNAKLAR

Abbas, A. K., Lichtman, A. H. and Pober, J. S. (2000). *Celluar and Molecular Immunology*. United States of America: W. B. Sounders Com., 54-229.

Ada G.L., and Nossal G. (1987). The Clonal Selection Theory. *Scientific American*. Vol. 257(2): 50-57.

Akbal, E. (2007). *Kablosuz Ağlarda Yapay Bağışıklık Sistemi Kullanılarak Saldırı Tespiti ve Güvenlik*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Alatas B. ve Akın E. (2004). *Yapay Zekada Yeni Bir Alan: Yapay Bağısıklık Sistemleri*. *Proceedings of YA/EM'2004*, Ulusal Yoneylem Arastırması ve Endustri Muhendisliği Kongresi, Gaziantep – Adana, 464-466.

İnternet: (2014). Bağışıklık Sistemi, http://tr.wikipedia.org/wiki/Bağışıklık_sistemi, Erişim Tarihi: 14 Mart 2020

Baysal, B. (2001). *Temel İmmünoloji Ders Notları*. Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji anabilim dalı, Konya.

Bian X. and Qiu J. (2006). Adaptive Clonal Algorithm and Its Application for Optimal PMU Placement. *Proceedings of 2006 International Conference on Communications*, Circuits and Systems, China, (3)2102-2106.

Brownlee, J. (2005c). *Immunos-81 The Misunderstood Artificial Immune System*, Swinburne University of Technology, Victoria, Australia.

Carter, J. H. (2000). The Immune System as a Model for Pattern Recognition and Classification. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 7(1):28-41.

Çırakoğlu, B. (2003b). İmmünoloji ve Gelecek. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, Mart Sayısı Eki, 17-19.

Dasgupta D., Ji Z. and Gonzalez F. (2003). *Artificial Immune Systems (AIS) research in the last five years*. *Proceedings of the 2003 Congress on Evolutionary Computation Conference*, Canberra, Australia, 123-130.

D'haeseleer P., Forrest S., Helman P. (1996). *An Immunological Approach to Change Detection: Algorithms, Analysis, and Implications*. The 1996 IEEE Symposium on Computer Security and Privacy, Los Alamitos, CA, 110-119.

De Castro, L. N., and Von Zubben, F. J. (2000a). *The Clonal Selection Algorithm with Engineering Applications*. Artificial Immune Workshop, Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO), Las Vegas, Nevada, ABD, 36-37.

De Castro, L.N., and Von Zuben F. J. (2001). aiNet: an artificial immune network for data analysis. *Data mining: a heuristic approach*, 231-259.

Dixon, S. and Hua Yu, X. (2010). *Bioinformatics Data Mining Using Artificial Immune Systems and Neural Network*. 2010 IEEE International Conference on Information and Automation, Harbin-China, 440-445.

Engin O., and Döyen A. (2004). Artificial Immune Systems and applications in industrial problems. *Gazi University Journal of Science*, (17 :1), 71-84.

Erdağ, B. (2003). Bağışıklık Sisteminin Hücreleri, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, Mart Sayısı Eki, 14-16.

Farmer J. D., and Packard N. H., Perelson A. S. (1986). The Immune System, Adaptation and Machine Learning. *Physica*, (22D), 187-204.

Gong, M., Jiao, L. and Zhang, X. (2008). A Population-based Artificial Immune System for Numerical Optimization. *Neurocomputing*, 1-13

Greensmith J. (2003). *New Frontiers For An Artificial Immune System*. MsC Thesis, Multidisciplinary Informatics, University of Leeds, UK.

Gülmezoğlu E. (1979). *Bağısıklığın Temelleri*. Ankara: Hacettepe Universitesi Yayınları, 203 s.

Hamaker J., and Boggess L. (2004). *Non-Euclidean Distance Measures in AIRS, an Artificial Immune Classification System*. 2004 Congress on Evolutionary Computation, Portland, OR, USA, 1067-1073.

Hart E., Ross P. and Nelson J. (1998). *Producing robust schedules via an artificial immune system*. IEEE International Conference on Evolutionary Computation Proceedings, Anchorage, AK, USA, 464-469.

Hofmery, S. A., and Forrest, S. (1999). *Architecture for an Artificial Immune System*. *Evolutionary Computation*, 7(1), 45-68.

Hunt J. E., and Cooke D. E. (1996). Learning Using An Artificial Immune System, *Journal of Network and Computer Applications*, (19), 189-212.

Janeway C. A., Travers P., Walport M., and Capra J.D. (1999). *Immunobiology: The Immune System in Health and Disease*. New York: Garland Publishing.

Kodaz H., Kara S., Latifoğlu F., and Güneş S. (2007). A New Hybrid Classifier System: Information Gain-Based Artificial Immune Recognition System. *Experimental Techniques*, (31 (6)), 36-43.

Kalınlı A. and Karaboğa D. (2002). *Artificial Immune System Approach To Solving Engineering Problems*. 4th International GAP Engineering Congress, Şanlıurfa, Turkey, 580-586.

King, R. L., Russ, S. H., Lambert, A. B. and Reese, D. S. (2001). An Artificial Immune System Model for Intelligent Agents. *Future Generation Computer Systems*, (17), 335-343.

Latifoğlu F., Kodaz H., Kara S., and Güneş S. (2006). Medical Application of Artificial Immune Recognition System (AIRS): Diagnosis of Atherosclerosis from Carotid Artery Doppler Signals. *Computers in Biology and Medicine*, (37), 1092-1099.

Liu, Z., Jin, X., Bie, R. and Gao, X. (2007). *FAISC: a Fuzzy Artificial Immune System Clustering Algorithm*. Third International Conference on Natural Computation ICNC 2007, Haikou, Hainan, China , 5.

Luo, W., and Lin, X. (2017). *Recent advances in clonal selection algorithms and applications*. 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI) , Honolulu Hawaii, 1-8.

Michie, D., Spiegelhalter, D. J. and Taylor, C. C. (1994). Machine learning, neural and statistical classification, series artificial intelligence. *Prentice Hall*, 157–60.

Musilek P., Lau A., Reformat M. and Scott L. W. (2006). Immune Programming, *Information Sciences*,(176:8), 972-1002.

Neal M. (2003). *Met-Stable Memory in an Artificial Immune Network*. 2nd International Conference on Artificial Immune Systems, Berlin, 168-180.

Ong, Z. X., Tay, J. C., ve Kwoh C. K. (2005). *Applying the Clonal Selection Principle to Find Flexible Job-Shop Schedules*. International Conference on Artificial Immune Systems, Banff, Alberta, Canada, 442-455.

Özşen, S. (2008). *Biyomedikal Sınıflama Problemleri İçin Problem Tabanlı Bir Yapay Bağışıklık Sisteminin Geliştirilmesi ve Biyomedikal Sınıflama Problemlerine Uygulanması*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 14-36.

Özyılmaz L., Yıldırım T. (2002*). Diagnosis of Thyroid Disease Using Artificial Neural Network Methods*. 9th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP'02), Orchid Country Club, Singapore, (4), 2033-2036.

Parmaksızoglu, S. (2005). *Yapay Bagısıklık Algoritması Kullanılarak Lineer Sistemlerin Kimliklendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Perelson A.S. (1989). Immune Network Theory. *Immunological Review*, (110),5-36.

Perelson, A. S. ve Oster, G. F. (1979). Theoretical Studies of Clonal Selection: Minimal Antibody Repertoire Size and Reliability of Self-Nonself Discrimination. *Journal of Theoretical Biology*, (81), 645-670.

Polat, K., Şahan, S., Kodaz, H. and Güneş, S. (2005). *Outdoor Image Classification Using Artificial Immune Recognition System (AIRS) with Performance Evaluation by Fuzzy Resource Allocation Mechanism*. 11th International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns, Versailles, France, 81-87.

Polat, K., Şahan, S., Kodaz, H. and Güneş, S. (2007). Breast cancer and liver disorders classification using artificial immune recognition system (airs) with performance evaluation by fuzzy resource allocation mechanism. *Expert Systems with Applications*, (32), 172–183.

Qiu, X., and Lau, H. Y. K. (2012). An AIS-based hybrid algorithm for static job shop scheduling problem. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1-15.

Sathyanath S., and Sahin F. (2001). *An AIS Approach to A Color Image Classification Problem in A Real Time Industrial Application*. The IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Arizona, USA, 2285-2290.

Secker, A., Freitas, A. A., and Timmis, J. (2003). *AISEC: an Artificial Immune System for E-mail Classification*. Congress on Evolutionary Computation, Canberra, ACT, Australia, 131-139.

Sundin, S., and Braban-Redoux, C. (2001) Artificial Intelligencen-Based Decision Support Technologies in Pavement Management. *Computer aided Civil and Infrastructure Engineering*, 16, 143-157.

Şahan S., Polat K. ve Gunes S. (2003). *Yapay Bağısıklık Sistemlerinde Yeni Ufuklar:Aine,Ainet,Airs*, 1. Ulusal İmmunoloji Gunleri, 107-107.

Timmis J., Neal M., Hunt J. (2000). An Artificial Immune System for Data Analysis. *Biosystems*, 55(1/3), 143-150.

Yücel, F. (2003). Bağışıklığın Akıllı Molekülleri: Antikorlar. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, Mart Sayısı Eki, 2-5.

Zhang G., and Berardi L. V. (1998). An Investigation of Neural Networks in Thyroid Function Diagnosis. *Health Care Management Science*, 1(1), 29-37.



GAZİ GELECEKTİR..