



Sezgisel Yöntemler ile Eğitilmiş Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Mantık Sistemlerinin Sınıflandırma Problemlerine Etkisi

¹Murat CANAYAZ^{1*}, Fatih ULUDAĞ²

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Van

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Van

Özet

ANFIS yapay sinir ağı ve bulanık mantık sistemlerinin kombinasyonu olan bir karar verme mekanizmasıdır. Kural tabanlı olan bu sistemde giriş değerleri ANFIS'in katmanlı yapısından geçerek bir çıkış değeri üretilir. Sınıflandırma, tahminleme, dinamik sistem kimliklendirme gibi birçok alanda kullanılan bu yapıda kullanılan parametre değerleri son yıllarda sezgisel yöntemler ile bulunmaya çalışılmaktadır. Sezgisel yöntemler sürü tabanlı, fizik tabanlı, kimya tabanlı gibi birçok kategoriye ayrılan optimum aday çözümleri bulmayı amaçlayan yöntemlerdir. Bu çalışmada da sezgisel yöntemlerden olan Cırcır Böceği algoritması, Kaotik haritalı Cırcır Böceği algoritması ve Balina Optimizasyon Algoritması ile eğitilen ANFIS'in sınıflandırma problemleri üzerindeki etkisi karşılaştırılmalı olarak gösterilmeye çalışılmaktadır. Bilindik veri setleri üzerinde yapılan çalışmalarda eğitilen ağın doğruluk oranlarında artış sağladığı görülmektedir. Çalışmanın diğer önemli bir yanı ise Kaotik haritalı Cırcır Böceği algoritmasının ANFIS eğitiminde ilk defa kullanılıyor olmasıdır. Bu sayede araştırmacılara bir fikir vereceği ön görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sezgisel Yöntemler, ANFIS, Kaotik haritalı Cırcır Böceği Algoritması

Effects of Adaptive Neuro-Fuzzy Logic Systems Trained with Heuristic Methods to Classification Problems

Abstract

ANFIS is a decision-making mechanism that is a combination of artificial neural networks and fuzzy logic problems. In this rule-based system, inputs are passed through the ANFIS layered structure and an output value is generated. This structure is used in many areas such as classification, estimation, dynamic system identification in recent years. Parameters determined by heuristic methods as usual. Heuristic methods are divided into many categories such as swarm-based, physics-based and chemistry based and aim to find optimum candidate solutions. In this study, we tried to comparatively show that the effect on classification problems of ANFIS trained with Cricket Algorithm with Chaos Map, and The Whale Optimization Algorithm which are heuristic methods. It is seen that the studies performed on the known datasets provide an increase in the accuracy of the trained network. Another important aspect of the work is that the Cricket Algorithm with Chaos Map is being used for the first time in ANFIS training. It is anticipated that this will give the researchers an idea.

Keywords: Heuristic Methods, ANFIS, Cricket Algorithm with Chaos Map

Makale Bilgisi

Başvuru:
27/11/2018
Kabul:
24/12/2018

* İletişim e-posta: muratcanayaz@gmail.com

1 Giriş

Sınıflandırma problemleri veri biliminde çözülmesi gereken başlıca problemler arasında yer almaktadır. Sınıf etiketleri ile verilen veri setleri sınıflandırma algoritmaları kullanılarak karar destek mekanizmaları oluşturmak için kullanılmaktadır. Sınıflandırmadaki amaç birbirine yakın özellikler taşıyan veriyi ayırmak ve bu sayede modeller ortaya çıkarmaktır. Geliştirilen modeller aracılığıyla daha sonra verilecek verinin hangi grupta yer alacağı belirlenmekte ve bu sayede birçok problemin çözülmesi sağlanmaktadır. Destek Vektör Makinaları, Lojistik Regresyon, Naive Bayes gibi birçok sınıflandırma algoritması mevcuttur. Bu algoritmaların yanında Eğitilmiş Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Mantık Sistemleri (ANFIS) sınıflandırma problemlerinde kullanılmaktadır. ANFIS yapay sinir ağı ve bulanık mantık sistemlerinin kombinasyonlarını içeren özel bir ağ olarak literatürde yer almaktadır. 5 katmanlı bir yapıya sahip olan bu ağlar tahminleme, sınıflandırma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu ağların performansını geliştirmek için son yıllarda sezgisel yöntemler ile yeni yaklaşımlar denenmektedir [1-3]. Bu ağlardaki parametreler sezgisel yöntemlerden elde edilmekte ve ağı eğitimi gerçekleştirilmektedir.

Sezgisel yöntemler matematiksel yöntemlerin yanında optimizasyon problemlerindeki optimum çözümleri elde etmek için kullanılan yaklaşımlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürü, kimya, fizik, spor tabanlı kategorilere ayrılan bu yöntemlerde aday çözümler vasıtasıyla global optimuma ulaşmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmada yer alan Cırcır Böceği Algoritması (CBA) güncel meta sezgisel algoritmalarındandır[4-6]. Doğadaki cırcır böceklerinin hareketinden esinlenilerek modellenmiş bu algoritma ANFIS eğitiminde ilk defa kullanılacaktır. Algoritmanın geliştirilmiş versiyonu olan Kaotik Haritalı CBA'da yine ilk defa bu çalışmada ANFIS eğitiminde kullanılarak sınıflandırma problemlerine etkisi gösterilmeye çalışılmıştır. Yine güncel sezgisel yöntemlerden Balina Optimizasyon Algoritmasından(BOA)[7-9] elde edilen sonuçlar CBA ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Bu çalışma şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde çalışmada kullanılan CBA ve KCBA tanıtılmıştır. Üçüncü ve dördüncü bölümde sırasıyla ANFIS ve sınıflandırma problemlerinde kullanılacak veri setleri tanıtılmıştır. Son bölümde ise deneysel sonuçlar ve sonuç bölümleri yer almaktadır.

2 Cırcır Böceği Algoritması

Cırcır Böceği Algoritması(CBA) güncel meta-sezgisel algoritmalarındandır. Cırcır böceği olarak adlandırılan yaz aylarında yol kenarlarında çıkardıkları yüksek sesleri ile bilinen bir böcek türünün doğadaki hareketinin matematiksel olarak modellenmesi ile oluşturulmuştur. İmge işleme, bilindik mühendislik problemlerinin çözümü, veri kümeleme gibi birçok alanda optimum çözümler sunmaya çalışmıştır [4-6]. Algoritmaya ait adımlar aşağıda verilmektedir.

Adım 1: Algoritmanın başında diğer sürü tabanlı algoritmalarındaki gibi ilk popülasyon değerleri rastgele oluşturulur. Bu değerlerin uygunluk fonksiyonuna gönderilmesi ile ilk en iyi değer ve minimum ses şiddeti f_{min} belirlenir.

Adım 2: Rastgele kanat çırpış sayısının üretilmesi ile algoritma başlar. Dolbear yasasına uygun olarak kanat çırpış sayılarına karşılık gelen hava sıcaklığı elde edilir.

Adım 3: Bu sıcaklıktaki sesin hızı ve frekans değeri hesaplanır.

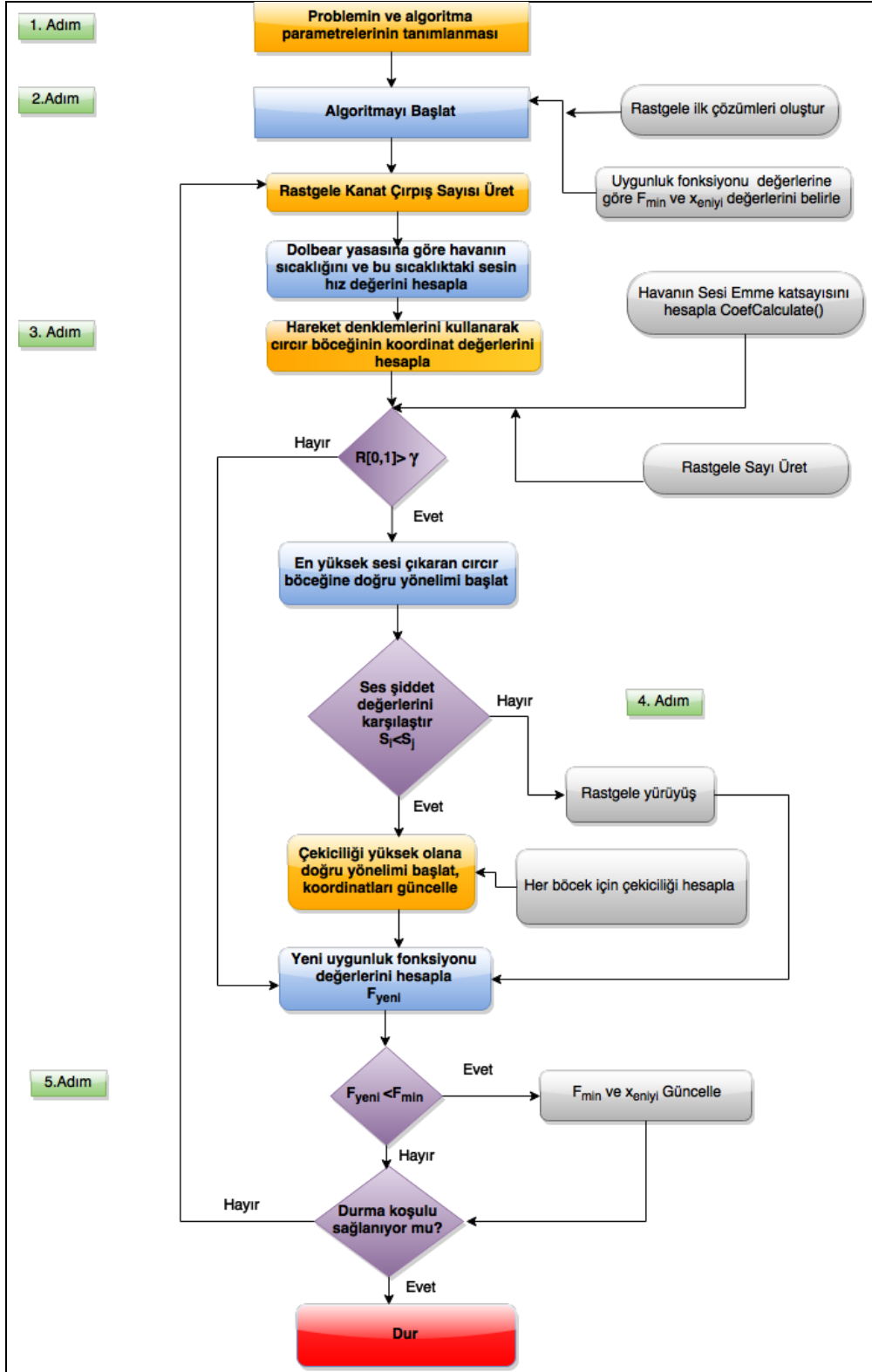
Adım 4: Elde edilen hız ve frekans değerlerine göre böceklerin koordinatları güncellenir. Güncellenen aday çözümler uygunluk fonksiyonuna gönderilir.

Adım 5: Mevcut f_{min} değerinden daha küçük bir değer elde edilmesi durumunda en iyi değer olarak kabul edilir. Aksi halde yeni değerler elde etmek için algoritma çalışmaya devam eder.

Adım 6: Bitme ölçütüne ulaşana kadar yeni çözümler aranmaya devam edilir.

Adım 7: Sonuç olarak uygunluk fonksiyonunu minimum yapan optimum çözüm en iyi çözüm olarak kabul edilir ve sonuçlar gösterilir.

Algoritmaya ait akış diyagramı Şekil-1'de, kullanılan denklemler Tablo 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1.CBA akış diyagramı

Tablo 1. CBA’da kullanılan denklemler

Açıklama	Formül		Açıklama	Formül	
Dolbear Kanunu	$T_F = 50 + \left(\frac{N-40}{4}\right)$	(1)	Serbest Alanda Gerçek Ses Basınç Düzeyi	$L_p' = L_p - A_{atm}$	(9)
Dolbear Kanunu	$T_c = 10 + \left(\frac{N-40}{7}\right)$	(2)	Frekans Değerleri	$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta$	(10)
Sıcaklık-Hız İlişkisi	$V = 20.1 * \sqrt{273 + C}$	(3)	Hız değerleri	$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i - x_*)f_i + \mathbf{V}_i$	(11)
Frekans	$f = \frac{V}{\lambda}$	(4)	Koordinat Değerleri	$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t$	(12)
Sesin Şiddeti	$I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$	(5)	Rastgele yürüyüş	$x_i = x_{best} + 0.01 * rand(0,1)$	(13)
Sesin Gücü	$P = I * 4\pi r^2$	(6)	Öklid Mesafesi	$r_{ij} = \ x_i - x_j\ = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2}$	(14)
Ses Basıncı Seviyesi	$L_p = L_w + 10 * \log[Q / (4\pi r^2)]$	(7)	Çekicilik	$K = K_0 e^{-\gamma r^2}$	(15)
Atmosferin sesi tutumu	$A_{atm} = 7.4 (f^2 r / \phi) 10^{-8}$	(8)	Koordinatların Güncellenmesi	$x_i = x_i + K_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} + \alpha \dot{Q}$	(16)

2.1 Kaotik Haritalar

CBA’da kaotik haritaların kullanılması ile optimum noktadan uzaklaşmak veya yerel minimumda takılmak gibi problemlerinin çözülmesi amaçlanmıştır. Kaotik haritalardan üçüncüsü olan Gauss haritasının kullanılması ile KCBA(Kaotik Haritalı Cırcır Böceği Algoritması) oluşturulmuştur. Deneysel sonuçlar incelendiğinde en iyi sonuçların bu haritadan elde edildiği görüldüğünden bu çalışma için sadece bu kaotik harita seçilmiştir. Bu haritadan elde edilen değerler algoritmanın akış şemasında gösterilen gama değeri ile karşılaştırma yapılan rastgele sayı için kullanılmıştır. Kullanılan Gauss haritası[10] denklem (17)’deki gibi temsil edilmektedir:

$$X_{n+1} = \begin{cases} 0 & , X_n = 0 \\ 1/X_n \text{ mod}(1) & , X_n \in (0,1) \end{cases} \quad (17)$$

$$1/X_n \text{ mod}(1) = \frac{1}{X_n} - \left\lfloor \frac{1}{X_n} \right\rfloor$$

$\lfloor z \rfloor$ ’den küçük en büyük tamsayıyı temsil etmektedir. Gauss haritasında (0, 1) aralığında sayılar üretilmektedir.

3 ANFIS

ANFIS yapay sinir ağlarının öğrenme yeteneğini, bulanık sistemlerin çıkarım yapabilme kabiliyetini birleştiren özel ağlardır. ANFIS'in amacı, bulanık sistemlerin ve sinir ağlarının en iyi özelliklerini entegre etmek ve bu sayede problemler için karar destek mekanizmaları sağlamaktır. “Eğer O halde “ kural yapısı, giriş, çıkış değerlerini kullanmasından dolayı karar verme mekanizmaları gerektiren tahmin, sınıflandırma gibi problemlerde sıklıkla kullanılmaktadır. ANFIS beş katmanlı bir yapıya sahiptir [11-16].

1.Katman:

Bu katmandaki her bir düğüm A_i ve B_i gibi bir bulanık kümeyi ifade eder. Düğümlerin çıkışı olarak giriş örneklerine ve kullanılan üyelik işlevine bağlı olan üyelik dereceleri kullanılır. Diğer bir deyişle giriş değerlerinin bulanıklaştırıldığı katmandır.

Düğüm çıkışları denklem (18)’de gösterilmektedir.

$$u_i^2 = \mu_{A_i}(x) \quad i=1,2 \quad (18)$$

$$u_{i+2}^2 = \mu_{B_i}(y)$$

Burada, x, y ve i düğümündeki deterministik girdi değerleri, Ai ve Bi bulanık terimleri ve μ_{Ai} ve μ_{Bi} ise üyelik fonksiyonlarını ifade etmektedir. x ve y gibi iki farklı girişe sahip olan ağda denklem (18)'de gösterildiği gibi 2 farklı çıkış değeri ve toplam 4 düğüm vardır. Her bir düğüm için en çoğu 1 en azı 0 olan üyelik işlevleri kullanılmaktadır. Genel olarak, bulanık bir kümenin üyelik işlevi, üçgen, Guassian veya genelleştirilmiş Bell işlevi gibi herhangi bir parametrelili üyelik işlevi olabilir. Bu katmandaki parametreler, Öncelikli Parametreler olarak adlandırılır.

2.Katman:

Kural katmanı olarak adlandırılan bu katmandaki düğümler, bulanık mantık kullanılarak oluşturulan kuralları ve sayısını ifade etmektedir. Kural düğümlerinin çıkışı olan μ_i , bir önceki katmandan gelen üyelik derecelerinin çarpımı olmaktadır. Düğüm çıkışı ise bir kuralın ateşleme seviyesini göstermektedir. μ_i değerlerinin elde edilmesi ise, ($i=1, \dots, n$) olmak üzere, aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\omega_i = \mu_{A_i}(x) * \mu_{B_i}(y) \quad (19)$$

3.Katman:

Bu katmanda kural katmanından gelen ateşleme seviyeleri normalleştirilmektedir. Bu nedenle katman normalleştirme katmanı olarak isimlendirilmektedir. ith düğüm için normalize edilmiş ateşleme seviyesi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\varpi_i = \frac{\omega_i}{\omega_1 + \omega_2} \quad (20)$$

4.Katman:

Durulaştırma katmanı denen bu katmanda her bir kuralın ağırlıklandırılmış çıkış değerleri hesaplanmaktadır. Bu hesaplama aşağıdaki şekilde normalize edilmiş ateşleme seviyeleri ile bulanık çıkarım sisteminin çıkış parametreleri olan $\{p_i, r_i, q_i\}$ değerlerinin çarpılması sonucu elde edilmektedir.

$$\varpi_i f_i = \varpi_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (21)$$

5.Katman:

Son katman çıkış katmanı olarak adlandırılır. Her kural için elde edilmiş çıkışlar bir önceki katmanda toplanarak ANFIS'in çıkışı elde edilmektedir. Bu katmanda ise bulanık kurallar durulaştırılarak tek bir sayı üretilmektedir.

$$f(x, y) = \sum_i \varpi_i f_i = \frac{\sum_i \omega_i f_i}{\sum_i \omega_i} \quad (22)$$

ANFIS öğrenme algoritması olarak en küçük kareler yöntemi ve geri yayımlı öğrenme algoritmasının bir arada kullanıldığı melez öğrenme algoritmasını kullanır. Melez (hibrit) öğrenme algoritmasında 2 adım bulunmaktadır. Bunlar 1. İleri geçiş 2. Geriye geçiş

İleri geçiş işleminde öncül parametreler sabitken, sonuç parametreleri en küçük kare kestirimi kullanılarak güncellenmektedir. Geriye geçişte ise sonuç parametreleri sabittir ve öncül parametreleri güncellemek için geri yayılma degrade iniş yöntemi (gradient descent) kullanılmaktadır. İleri ve geri geçiş işlemleri belirli bir epoch sayısınca tekrarlanarak eğitim işlemi tamamlanır. ANFIS'teki eğitim işleminin amacı, ANFIS çıktısını eğitim verilerine uydurmak için parametre setlerini ayarlamaktır. Bu çalışmada global optimum parametre değerlerinin bulunması için sezgisel yöntemler kullanılmaktadır.

ANFIS'te katman 1'deki bulanıklaştırma ve katman 4'teki durulaştırma işlemlerindeki parametre değerleri sezgisel yöntemler tarafından sağlanmaktadır. Bu parametre değerleri algoritmadaki cırcır böceği pozisyon değerleri ile ifade edilmektedir. Böceklerin pozisyon değerleri güncellendikçe bu parametre değerleri güncellenmekte ve güncellenen parametre değerleri ile ANFIS eğitilmektedir. Optimizasyon algoritmalarındaki çözümün uygunluğunu

belirleyen uygunluk fonksiyonu için denklem 23'de gösterilen RMSE hata fonksiyonu kullanılmaktadır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}{N}} \quad (23)$$

Eşitlik 23'de kullanılan \bar{y}_i , i zamanında ANFIS tarafından elde edilen çıkışı ve y_i ise sistemin gerçek çıkışını göstermektedir. N ise uygulamada kullanılan örnek sayısını göstermektedir.

4 Sınıflandırma Problemleri

Sınıflandırma problemleri makine öğrenmesi alanında yaygın olarak çözülmesi gereken başlıca problemlerdir. Bu problemlerde amaç benzer

verilerin daha önceden belirlenen özelliklerine göre gruplandırılmasını sağlamaktır. Bilgisayarlı görü, tıp, ekonomi gibi alanlarda kullanılan karar verme mekanizmalarında büyük veriyi yorumlayıp sınıflandıracak araçlara önemli ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. ANFIS'in bu ihtiyacı karşılayacak bir yapıda olması sınıflandırma problemlerinde kullanımını yaygınlaştırmıştır. ANFIS kullanılan problemlerde performansı artırmak amacıyla veri setlerindeki özniteliklerin en anlamlılarına eğitime tabi tutulur. Burada veri setlerinden öznitelik çıkarımı önemli bir yere sahiptir. Burada eğitime tabi tutulacak öz niteliklerin çıkarımında Temel Bileşenler Analizi yöntemi kullanılacaktır. Çalışmada kullanılacak veri setleri UCI[17-19] veritabanından alınmıştır. Veri setlerine ait açıklamalar Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Veri setlerine ait özellikler

Veri Seti	Tür	Boyutlar	Girişler	Çıkış	Açıklama
Wisconsin Breast Cancer	İkili Sınıflandırma	699 örnek, 11 öznitelik	Tam sayı	2 sınıf etiketi	Bir kanserin biyopsi detaylarından malign veya benign olup olmadığını tahmin eder.
HTRU2	Sınıflandırma	17898 örnek, 9 öznitelik	Ondalıklı Sayı	2 sınıf etiketi	HTRU anketi sırasında toplanan pulsar adayları. Pulsarlar, önemli bir bilimsel ilgiye sahip bir tür yıldızdır. Adaylar, keşfe yardımcı olmak için pulsar ve non-pulsar sınıflarına sınıflandırılmalıdır.
Banknote Authentication	Sınıflandırma	1372 örnek, 5 öznitelik	Ondalıklı Sayı	2 sınıf etiketi	Veriler, banknotlar için bir doğrulama prosedürünün değerlendirilmesi için çekilen görüntülerden çıkarılmıştır.

5 Deneysel Sonuçlar

Bu bölümde CBA, KCBA ve BOA[20] sezgisel yöntemlerinin yukarıda açıklanan veri setleri üzerindeki performansı gösterilecektir. Çalışma için geliştirilen uygulama için MATLAB programı kullanılmıştır. Uygulama I7, 8 GB RAM'a sahip makine üzerinde birbirinden bağımsız 30 kez çalıştırılmıştır. Bu çalıştırmalarda ortak parametre değerleri kullanılmıştır.

Algoritmalara ait kullanılan parametre değerleri Tablo 3 'de verilmektedir. Çalıştırmalar sonunda elde edilen ortalama RMSETrain ve RMSETest değerleri Tablo 4'de verilmektedir.

Verilen sonuç tablosuna göre KCBA sezgisel yöntemi Breast Cancer veri setinde 0.22874 RMSEtrain değeri ile minimum hata değerini elde etmiştir. Bu veri setinde KCBA ile eğitilmiş

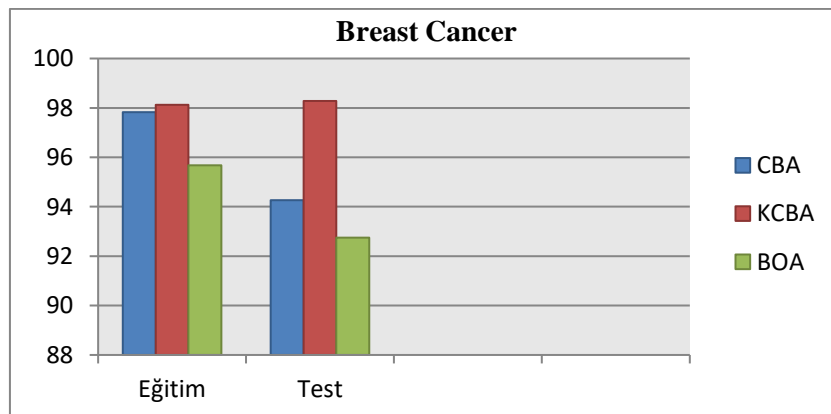
ANFIS'in doğruluk oranı %98 olarak gerçekleşmiştir. Banknote veri setinde elde edilen RMSEtrain ve RMSEtest değeri sırasıyla 0.028375 ve 0.035954'tür. Eğitim ve test verisi için elde edilen doğruluk oranı %100 gerçekleşmiştir. HTRU2 veri setinde yine KCBA sezgisel yöntemi diğer yöntemlere göre daha minimum hata değerleri vermektedir. Veri setlerine ait doğruluk grafikleri sırasıyla Şekil 2,3,4 'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Parametre değerleri

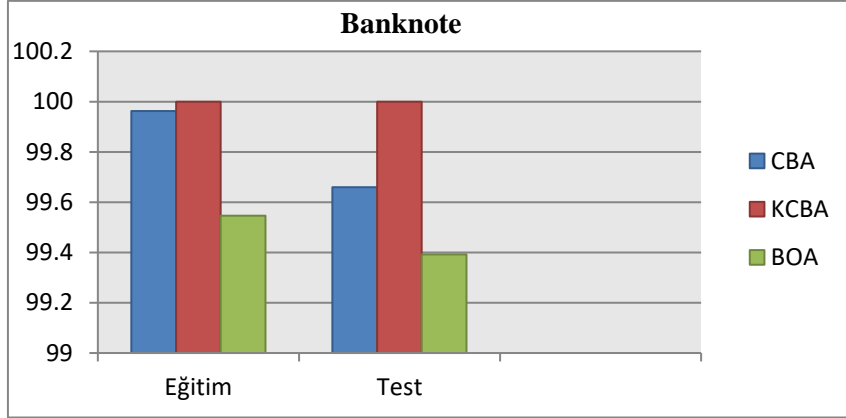
Algoritmalar	Algoritma Parametreleri	ANFIS Parametreleri
CBA	Max Iterasyon:1000 Popülasyon:50	fcm_U=2 fcm_MaxIter=100 fcm_MinImp=1e-5
KCBA	Max Iterasyon:1000 Popülasyon:50	fis=genfis3(sugeno) input mf=gaussmf output mf=linear
BOA	Max Iterasyon:1000 Popülasyon:30	

Tablo 4. Sınıflandırma Problemlerinin Sonuçları

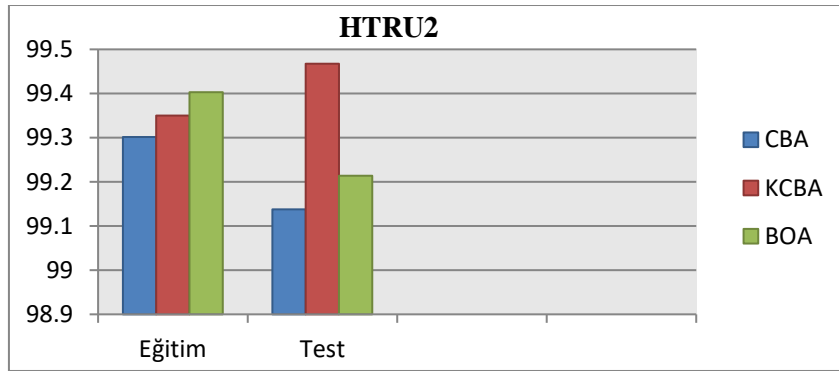
Breast Cancer								
Algoritmalar	Eğitim Verisi				Test Verisi			
	Min RMSE	RMSEAvg	RMSEStd	Doğruluk %	Min RMSE	RMSEAvg	RMSEStd	Doğruluk %
CBA	0.21775	0.24035	0.0072011	97.823	0.44226	0.48245	0.02015	94.2647
KCBA	0.20833	0.22874	0.010297	98.127	0.33655	0.41112	0.037085	98.2843
BOA	0.30339	0.32561	0.0086248	95.6786	0.33411	0.36293	0.0088069	92.7451
Banknote Data								
Algoritmalar	Eğitim Verisi				Test Verisi			
	Min RMSE	RMSEAvg	RMSEStd	Doğruluk %	Min RMSE	RMSEAvg	RMSEStd	Doğruluk%
CBA	0.068934	0.084403	0.0083081	99.9622	0.067768	0.094853	0.012847	99.6594
KCBA	0.010969	0.028375	0.010639	100	0.011813	0.035954	0.014445	100
BOA	0.099783	0.1149	0.0071328	99.5466	0.10305	0.1178	0.0079022	99.3917
HTRU2								
Algoritmalar	Eğitim Verisi				Test Verisi			
	Min RMSE	RMSEAvg	RMSEStd	Doğruluk %	Min RMSE	RMSEAvg	RMSEStd	Doğruluk %
CBA	0.15068	0.1527	0.0013801	99.3018	0.14777	0.15153	0.0019607	99.1378
KCBA	0.14671	0.14959	0.00094964	99.3504	0.13997	0.14257	0.001237	99.4674
BOA	0.15237	0.15465	0.0014503	99.4028	0.15478	0.15734	0.0015411	99.2142



Şekil 2. Breast Cancer veri seti doğruluk grafiği



Şekil 3. Banknote veri seti doğruluk grafiği



Şekil 4. HTRU2 veri seti doğruluk grafiği

6 Sonuçlar

Bu çalışmada sınıflandırma problemlerinde sezgisel yöntemler ile eğitilmiş ANFIS ağlarının performansı gösterilmeye çalışılmıştır. ANFIS ağlarının yapısı gereği eğitimde kullanılacak parametre değerleri sezgisel yöntemler ile elde edilmekte ve ağın performansı bu sayede artırılmaya çalışılmaktadır. Çalışmada UCI veri tabanından alınmış 3 veri seti üzerinde eğitilmiş ANFIS ağları kullanılmıştır. Sonuçlara bakıldığında sezgisel yöntemler ile eğitilmiş ANFIS ağlarının ortalama %97 oranında başarılı sonuçlar verdiğini söylemek mümkündür. Ayrıca bu çalışmada yeni sezgisel yöntemlerden olan CBA yaklaşımı ANFIS'in eğitiminde ilk defa denenmiştir. Yine bu yöntemin kaotik haritalı versiyonu olan KCBA'da ilk kez bu çalışmada ANFIS ile birlikte kullanılmaktadır. Çalışmanın bir amacı da bu sezgisel yöntemleri tanıtmak ve veri bilimi alanında çalışmayı düşünen araştırmacılara fikir vermektir. İleriki çalışmalarda derin öğrenme alanındaki farklı problemlerin çözümünde sezgisel yöntemlerin kullanımı konusunda çalışmalar yapılacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Başkanlığı (YYUBAP) tarafından FAP-2018-7495 Kodlu Araştırmacı Potansiyelini Geliştirme Desteği kapsamında desteklenmektedir.

Kaynaklar

- [1] Ghomsheh V S, Shoorehdeli M A, Teshnehlab M. "Training ANFIS structure with modified PSO algorithm". in *2007 Mediterranean Conf. on Control & Automation*, pp.1-6, Athens, 2007.
- [2] Karaboga D, Kaya E. "Training ANFIS using artificial bee colony algorithm for nonlinear dynamic systems identification". in *2014 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* pp. 493-496, 2014.
- [3] Haznedar B, Kalınlı A. "Training ANFIS Using Genetic Algorithm for Dynamic Systems Identification" *Int. J. of Intell. Sys. and Appl. in Eng.* 4(1), 44-47, 2016.
- [4] Canayaz M, Karcı A. "Cricket Behavior-Based Evolutionary Computation Technique in Solving Engineering Optimization Problems". *Appl. Intell.* 44, 362-376, 2016.
- [5] Canayaz M, Karcı A. "A novel approach for image compression based on multi-level image

- thresholding using discrete wavelet transform and cricket algorithm". *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* , 224-227, Malatya, 2015.
- [6] Canayaz M, Demir M. "Veri Kümelemede Yapay Atom Algoritması ve Cırcır Böceği Algoritmasının Karşılaştırılmalı Analizi". *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016)* pp. 1230-1239, Antalya, Turkey, 2016.
- [7] Mirjalili S, Lewis A. "The Whale Optimization Algorithm". *Adv. in Eng. Soft*, 95, 51-67, 2016.
- [8] Tanyıldızı E, Cigal T. "Kaotik Haritalı Balina Optimizasyon Algoritmaları". *Fırat Üniv. Müh. ve Bilim Dergisi*, 29(1), 309-319, 2017.
- [9] Canayaz M, Demir M. "Feature selection with the whale optimization algorithm and artificial neural network". *2017 Int. Artificial Intell. and Data Processing Symposium (IDAP)* pp. 1-5, 2017.
- [10] Canayaz M, Özdağ R. "Training artificial neural network with Chaotic Cricket Algorithm". *26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, pp. 1-4, Izmir, 2018.
- [11] Jang J S R. "ANFIS Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System" *IEEE Trans Syst Man Cybern*, 23(3), 665-685, 1993.
- [12] Jang J S R, Sun C T, Mizutani E. *Neurofuzzy and soft computing* Prentice Hall, Upper Saddle River, 1997.
- [13] Tür R, Balas C E. "Belirgin Dalga Yüksekliklerinin Neuro-Fuzzy Yaklaşımı ile Tahmini: Filyos Deniz Yöresi Örneği". *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.* 25(3), 505-510, 2010.
- [14] Karaboga D, Kaya E. "Training ANFIS by using the artificial bee colony algorithm". *Turk J Elec Eng & Comp Sci*, 25, 1669-1679, 2017.
- [15] Demirel Ö, Kakilli A, Tektaş M. "ANFIS ve Arma Modelleri ile Elektrik Enerjisi Yük Tahmini". *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.* 25(3), 601-610, 2010.
- [16] Elmas Ç. *Yapay Zeka Uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık, 2016.
- [17] Lyon R J, Stappers B W, Cooper S, Brooke J M, Knowles J D. "Fifty Years of Pulsar Candidate Selection: From simple filters to a new principled realtime classification approach". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 459 (1), 1104-1123, 2016.
- [18] Volker L, Helene D. *UCI Machine Learning Repository* [<http://archive.ics.uci.edu/ml>], 2013.
- [19] Mangasarian O L, Wolberg W H. "Cancer diagnosis via linear programming". *SIAM News*, 23(5), 1-18, 1990.
- [20] Canayaz M, Özdağ R. "Training ANFIS using The Whale Optimization Algorithm". *International Conference on Advanced Technologies, Computer Engineering and Science (ICATCES)*, pp.409-414, Karabük, Türkiye, 2018.