Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi

Cilt-15
Sayı-1
2022

İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağının Eğitiminde Meta-Sezgisel Yaklaşımlar

The Meta-Heuristics Approaches in Training Feed-Forward Neural Networks

Ebubekir KAYA
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Nevşehir, Türkiye
ebubekir@nevsehir.edu.tr
ORCID: 0000-0001-8576-7750

Öz

Sistem kimliklendirme ve modelleme için en yaygın kullanılan yapay zekâ tekniklerinden biri yapay sinir ağlarıdır. Yapay sinir ağları ile etkili sonuçlar elde etmek için etkili bir eğitim sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. Meta-sezgisel algoritmalar pek çok gerçek dünya probleminin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle yapay sinir ağı eğitiminde, ağa ait parametrelerin optimizasyonu gerekmektedir. Son zamanlarda, bu amaçla meta-sezgisel algoritmalar kullanılmakta ve başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Literatürde pek çok meta-sezgisel algoritma bulunmaktadır. Meta-sezgisel algoritmaların performansları problem türüne göre farklılık göstermektedir. Bu çalışma kapsamında ileri beslemeli yapay sinir ağının eğitiminde, yapay arı koloni algoritması, parçacık sürü algoritması, armoni arama, çiçek tozlaşma algoritması ve guguk kuşu arama gibi popüler meta-sezgisel algoritmaların performansları değerlendirilmiştir. Uygulamalar için XOR, 3-bit parity ve 4-bit parity problemleri kullanılmıştır. Tüm problemler için elde edilen sonuçlar çözüm kalitesi açısından değerlendirilmiştir. Genel olarak ilgili problemlerin çözümü için meta-sezgisel algoritma tabanlı ileri yapay sinir ağı eğitiminin başarılı olduğu gözlemlenmiştir. En iyi sonuçlar ise yapay arı koloni algoritması ve guguk kuşu arama ile bulunmuştur.

Anahtar sözcükler: İleri beslemeli yapay sinir ağı, Meta-sezgisel algoritmalar, Yapay sinir ağı eğitimi, Modelleme, Optimizasyon

Abstract

Artificial neural network is one of the most widely used artificial intelligence techniques for system identification and modeling. An effective training process is needed to obtain effective results with artificial neural networks. Metaheuristic algorithms have been used successfully in solving many real-world problems. Especially, optimization of the parameters of the network is required in artificial neural network training. Recently, metaheuristic algorithms have been used for this purpose and successful results have been obtained. There are many metaheuristic algorithms in the literature. The performances of meta-heuristic algorithms can differ according to the problem type. In this study, the performances of popular metaheuristic algorithms such as artificial bee colony algorithm, particle swarm optimization, harmony search, flower pollination algorithm and cuckoo search are evaluated in the training of feed forward neural network. XOR, 3-bit parity and 4-bit parity problems are utilized for applications. The results obtained for all problems are evaluated in terms of solution quality. In general, it has been observed that neural network training based on metaheuristic algorithm is successful for solving related problems. The best results are found by using artificial bee colony algorithm and cuckoo search.

Keywords: Feed forward neural network, Metaheuristic algorithms, Neural network training, Modeling, Optimization

1. Giriş

Günlük hayatta karşılaştığımız pek çok olayın veya problemin yorumlanmasında yapay zekâ tekniklerini kullanmaktayız. Yapay zekâ tekniklerinin başarım oranının yüksek olması her

Gönderme, düzeltme ve kabul tarihi: 11.02.2022 - 26.03.2022 - 01.04.2022
Makale türü: Araştırma

alanda yoğun bir şekilde kullanılmasına sebep olmuştur. Bulanık mantık, yapay sinir ağları, sezgisel optimizasyon algoritmaları yapay zeka tekniklerindendir.

Yapay sinir ağları (YSA); güvenlik, mühendislik, tıp, tarım, ekonomi, eğitim, çevre, enerji ve imalat gibi pek çok alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [1]. Yapay sinir ağının örneklerden öğrenme özelliğinin bulunması önemli bir avantaj sunmaktadır. Yapay sinir ağının eğitiminde türev tabanlı veya meta-sezgisel yaklaşımları kullanmak mümkündür. Özellikle meta-sezgisel yaklaşımların sahip olduğu avantajlardan dolayı, yapay sinir ağı eğitiminde son zamanlarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Yapay arı koloni algoritması (ABC), parçacık sürü algoritması (PSO), armoni arama (HS), arı algoritması (BA), çiçek tozlaşma algoritması (FPA) ve guguk kuşu arama (CS) algoritması, yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan bazı meta-sezgisel algoritmalardır.

Ozturk ve Karaboğa [2], Levenberq-Marquardt (LM) ve ABC algoritmasını birlikte kullanarak YSA için hibrit bir eğitim algoritması (ABC-LM) önerdiler. Önerilen hibrit algoritmanın performansını, XOR ve parity problemleri üzerinde test ettiler. ABC-LM'nin performansının, standart ABC algoritması ve LM'den daha başarılı olduğunu rapor ettiler. Özkan ve ark. [3], petrol sızıntısı tespiti için ABC algoritmasını kullanarak YSA eğitimi gerçekleştirdi. Kaya and Baştemur Kaya [4], lineer olmayan statik sistemlerin kimliklendirilmesi için ABC algoritmasının bir modifikasyonunu (ABCES) önerdi. ABCES algoritması ile ileri beslemeli YSA'nın eğitimini gerçekleştirdiler.

Zhang ve ark. [5], YSA eğitimi için PSO ve geri yayılım algoritması (BP) tabanlı hibrit bir yaklaşım önerdi. Das ve ark. [6], doğrusal olmayan kanal eşitleme problemin modellenmesi için PSO kullanarak YSA eğitimi gerçekleştirdi. Xie ve ark. [7], kısa vadeli güç yükü tahmini için YSA ve PSO tabanlı bir yaklaşım önerdi. Önerilen yaklaşımın performansı, ENN, GRNN ve BPNN gibi yaklaşımlarla karşılaştırılmış ve daha iyi performansa sahip olduğu rapor edilmiştir.

Tavakoli ve ark. [8], HS'nin IGHS olarak adlandırılan yeni varyantını önderdi. Iris ve Breast olarak adlandırılan sınıflandırma problemlerinin modellenmesi için IGHS kullanarak ileri beslemeli YSA eğitimi gerçekleştirdiler. IGHS'nin performansı; BP, HS ve NGHS ile karşılaştırıldı. IGHS'nin ilgili problemin çözümünde başarılı olduğu rapor edildi. Elattar ve ark. [9], elektrik fiyat tahmini yerel genel regresyon sinir ağı (LGRNN) ve HS tabanlı hibrit bir yaklaşım (LGRNN-HSA) önerdi. LGRNN-HSA'nın performansı; ANN ve ANFIS tabanlı farklı yaklaşımlar ile karşılaştırıldı.

Baştemur Kaya and Kaya [10], Türkiye'ye ait COVİD-19 vaka sayısını tahmin etmek için FPA kullanarak YSA eğitimi gerçekleştirdiler. FPA'nın performansı; PSO ve HS ile karşılaştırıldı. Chiroma ve ark. [11], OPEC petrol tüketiminin tahmin etmek için FPA kullanarak YSA'yı eğittiler.

Valian ve ark. [12], CS'nin ICS olarak adlandırılan yeni bir versiyonunu önerdi ve sınıflandırma problemlerinin çözümü için ICS kullanılarak YSA eğitildi. CS ve ICS'nin performansları karşılaştırıldı. ICS'nin CS'den daha etkili olduğu rapor edildi. Nawi ve ark. [13], CS ve LM tabanlı bir yapay sinir ağı algoritmasını (CSLM) önerdi. CSLM'nin performansı; ABC-BP, ABC-LM ve BPNN gibi yaklaşımlarla karşılaştırıldı. CSLM'nin diğer yöntemlere göre daha etkili olduğu rapor edildi.

Najafi [14], yapay sinir ağırının eğitiminde meta-sezgisel algoritmaların kullanımı üzerine bir inceleme çalışması gerçekleştirmiştir. Evrimsel ve sürü zekâsı tabanlı algoritmaların yapay sinir ağı eğitiminde etkili olduğunu rapor etti. Irmak ve Gülcü [15] kelebek optimizasyon algoritmasını (BOA) kullanarak, sınıflandırma problemlerinin çözümü için ileri beslemeli yapay sinir ağının eğitimini gerçekleştirdiler. BOA'nın performansı; BAT, SMS ve BP olarak adlandırılan eğitim yaklaşımları ile karşılaştırıldı. BOA ile daha etkili sonuçlar elde edildiği vurgulandı.

Gulcu [16], maddenin halleri arama (SMS) algoritmasını kullanarak, çok katmanlı sinir ağının eğitimini gerçekleştirdi. Uygulamalarda, literatürde yoğun olarak kullanılan 5 tane sınıflandırma setini kullandı. SMS'nin performansını; GWO, ACO, GA, PBIL, PSO ve ES gibi eğitim yaklaşımları ile karşılaştırdı. SMS algoritmasının yapay sinir eğitiminde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini rapor etti.

Bousmaha ve ark. [17], ileri beslemeli yapay sinir ağının eğitimi için PSO ve MVO tabanlı, PMVO olarak adlandırılan bir hibrit yaklaşım önerdiler. Önerdikleri yaklaşımın performansını 6 adet veri seti üzerinde değerlendirdiler ve farklı eğitim yaklaşımları ile karşılaştırdılar. Önerilen hibrit eğitim yaklaşımının başarılı olduğunu rapor ettiler. Mousavirad ve ark. [18], ileri beslemeli yapay sinir ağının eğitimi için BBO ve PSO tabanlı bir hibrit yaklaşım önerdiler.

Meta-sezgisel algoritmalar, gerçek dünya problemlerinin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Buna karşın, literatürde 200'ün üzerinde meta-sezgisel algoritma önerilmiştir. Bu algoritmaların pek çoğu da YSA eğitiminde kullanılmaktadır. Literatürde kullanılan meta-sezgisel algoritma sayısının artması, "problemlerin çözümünde hangi algoritma daha başarılıdır?" sorusunu ortaya çıkarmıştır. Problem türü değiştikçe, meta-sezgisel algoritmaların da performanslarının değişmesi muhtemeldir. Algoritmalar hakkında genel değerlendirmeler literatür ışığında yapabiliriz ama hiç çalışılmamış bir problem üzerinde kesin yargı da bulunamayız. Bu yüzden meta-sezgisel algoritmaların performanslarının karşılaştırılması önemlidir. Yukarıdaki sorunun cevabı ancak bu şekilde ortaya çıkabilir. Gerçek dünyadaki problem sayısı çok olmakla birlikte, kullanılan meta-sezgisel algoritma sayısı da fazladır. Tüm problemler için, tüm meta-sezgisel algoritmaların performanslarını karşılaştırmak uygulamada zordur. Özellikle literatürde yoğun kullanımı olan algoritmalar için bu analizlerin yapılması gelecekte yapılacak çalışmalara da yön verecektir. Bu çalışma kapsamında, ileri beslemeli YSA eğitiminde bazı sezgisel algoritmaların performansları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için ABC, PSO, HS, FPA ve CS gibi popüler meta-sezgisel algoritmalar kullanılmıştır. İlgili meta-sezgisel algoritmaların performansları XOR, 3-bit ve 4-bit parity problemleri üzerinde analiz edilmiştir. Bu problemlerin çözümü için verilen meta-sezgisel algoritmalar ile ileri beslemeli yapay sinir ağı eğitimindeki performansları ilk defa karşılaştırılmıştır. Bu

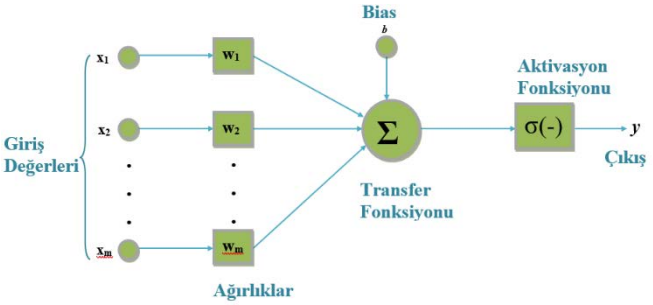
yüzden yenilikçidir. Bu çalışmayla birlikte, bilim dünyasına bu algoritmaların performansları hakkında bilgi verilerek, gelecekte yapılacak muhtemel çalışmalara yön verilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın sonraki bölümleri şu şekilde devam etmektedir: İkinci bölümde YSA'nın genel yapısı açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde simülasyon sonuçları verilmektedir. Son bölümde ise tartışma ve sonuç bölümü sunulmaktadır.

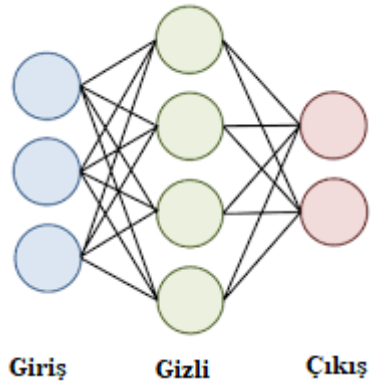
2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), önemli yapay zekâ tekniklerinden biridir ve yapay nöronların birbirine bağlanmasından oluşur. Şekil - 1'de bir yapay nöronun genel yapısı verilmiştir. Bir yapay nöron görüldüğü gibi; girişler, ağırlıklar, bias değeri, aktivasyon ve transfer fonksiyonundan oluşmaktadır. Bir nöronun çıkışı, nöronların girişlerinin bazı işlemlere tabi tutulması sonucu elde edilmektedir. Bir nöronun çıkışı (1) kullanılarak hesaplanmaktadır. x, giriş değerlerini ifade eder. w ise ağırlık değerleridir. b, bias değeridir. f, aktivasyon fonksiyonudur. y ise nöronun çıkışına karşılık gelmektedir. Yapay sinir ağı üç katmandan oluşmaktadır. Bunlar; giriş, gizli ve çıkış katmanlardır. İleri beslemeli yapay sinir ağlarının katman yapısı Şekil - 2'de verilmiştir. Nöronlarda kullanılan ağırlık ve bias değerleri eğitim sürecinde belirlenmesi gereken temel parametrelerdir.

$$y = f\left(\sum_{i=1}^{m} w_i\, x_i + b\right) \qquad (1)$$



Şekil-1: Yapay nöronun genel yapısı



Şekil-2: Örnek bir yapay sinir ağı

3. Simülasyon Sonuçları

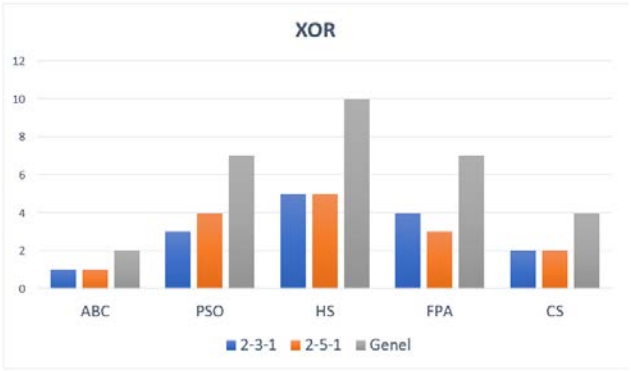
ABC, PSO, HS, FPA ve CS algoritmalarını kullanılarak ileri beslemeli YSA eğitimi gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar XOR, 3-bit ve 4-bit parity problemleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Maksimum değerlendirme sayısı, XOR problemi için 20.000 ve diğer problemler için ise 100.000 dir. Her uygulama rastgele seçilmiş başlangıç popülâsyonları ile başlatılmış ve 30 kere çalıştırılmıştır. Hata ölçütü olarak ortalama karesel hata (MSE) kullanılmıştır. XOR problemi için 2 giriş ve 1 çıkışlı ağ yapıları seçilmiştir. 3-bit parity probleminde 3 girişli ağ yapısı bulunurken, 4-bit parity probleminde ise 4 girişli ağ yapısı kullanılmıştır. XOR problemi için gizli katmanda 3 ve 5 nöron tercih edilmiştir. Diğer problemlerde ise gizli katmanda 5 ve 10 nöron bulunmaktadır.

Çizelge - 1'de XOR probleminin çözümü için ABC, PSO, HS, FPA ve CS meta-sezgisel algoritmalar ile ileri beslemeli yapay sinir ağı eğitimine ait sonuçlar verilmiştir. Burada n=10 ve n=20 için sonuçlar yer almaktadır. Ağ yapısı olarak 2-3-1 ve 2-5-1 için sonuçlar elde edilmiştir. Gizli katmandaki nöron sayısının artması çözüm kalitesini artırmıştır. 2-5-1 ağ yapısı ile elde edilen sonuçlar, 2-3-1 ağ yapısından genel olarak daha iyidir. Sadece HS ile n=20 olduğunda ağ yapıları ile benzer sonuçlara ulaşılmıştır. n=10 için en etkili sonuçlar ABC ve CS ile elde edilmiştir. HS'nin hata değeri diğerlerinden daha kötüdür. 2-3-1 ağ yağısında HS ile 1.56e-03 hata değeri elde edilirken, 2-5-1 de 7.67e-05 hata değerine ulaşılmıştır. Popülasyon büyüklüğünün n=10'dan n=20'ye çıkması ABC ve FPA'da kısmen sonuçları iyileştirmiştir. Diğer meta-sezgisel yaklaşımlarda ise n=10 ile genel olarak daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. n=20 de, n=10 da olduğu gibi ABC ve CS meta-sezgiselleri daha etkilidir. 2-5-1 ağ yapısında, ABC algoritması ile CS'ye göre daha iyi sonuç bulunmuştur. n=20'de en başarısız sonuç ise HS'ye aittir. n=10 ve n=20 birlikte değerlendirildiğinde en iyi hata değeri, 2.40e-09 olarak ABC algoritması ile bulunmuştur. Popülasyon büyüklüğü ve ağ yapısı meta-sezgisel algoritmaların performansını etkilemektedir. XOR problemi için meta-sezgisel algoritmaların başarı sıralaması Şekil-3'de verilmiştir. Şekil-3, ağ yapısında elde edilen sonuçlara göre oluşturulmuştur. n=10 ve n=20 de yer alan en iyi sonuçlar dikkate alınmıştır. 2-3-1 ve 2-5-1 ağ yapılarındaki başarı sıralamaları toplanarak genel başarı skoru elde edilmiştir. ABC ve CS ilk iki sırayı almaktadır. PSO ve FPA daha sonra gelmekle birlikte genel başarı skorları eşittir. Sıralamada en sonda ise HS yer almaktadır.

Çizelge-1: XOR probleminin çözümü için elde edilen sonuçların karşılaştırılması

n	Algoritma	Ağ Yapısı	Hata (MSE)
10	ABC	2-3-1	3.81e-05
		2-5-1	2.48e-09
	PSO	2-3-1	4.13e-05
		2-5-1	1.52e-06
	HS	2-3-1	1.56e-03
		2-5-1	7.67e-05
	FPA	2-3-1	4.36e-05
		2-5-1	1.81e-06
	CS	2-3-1	3.81e-05
		2-5-1	2.44e-09
20	ABC	2-3-1	3.76e-05
		2-5-1	2.40e-09

	PSO	2-3-1	4.24e-05
		2-5-1	3.01e-06
	HS	2-3-1	3.66e-02
		2-5-1	3.62e-02
	FPA	2-3-1	4.31e-05
		2-5-1	7.80e-07
	CS	2-3-1	3.77e-05
		2-5-1	3.53e-09

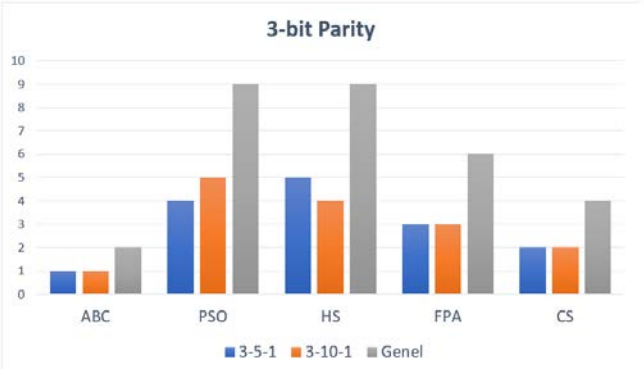


Şekil-3: XOR probleminin çözümünde meta-sezgisel algoritmaların başarı sıralamasının karşılaştırılması

Çizelge-2: 3-bit parity probleminin çözümü için elde edilen sonuçların karşılaştırılması

n	Algoritma	Ağ Yapısı	Hata (MSE)
10	ABC	3-5-1	4.01e-08
		3-10-1	3.36e-13
	PSO	3-5-1	4.57e-05
		3-10-1	2.82e-05
	HS	3-5-1	2.68e-04
		3-10-1	1.87e-07
	FPA	3-5-1	2.25e-05
		3-10-1	8.70e-10
	CS	3-5-1	4.45e-06
		3-10-1	8.87e-11
20	ABC	3-5-1	5.63e-09
		3-10-1	6.21e-13
	PSO	3-5-1	1.65e-04
		3-10-1	1.24e-04
	HS	3-5-1	3.73e-03
		3-10-1	9.31e-03
	FPA	3-5-1	4.44e-06
		3-10-1	2.80e-10
	CS	3-5-1	3.27e-06
		3-10-1	1.93e-11

3-bit parity probleminin çözümü için ABC, PSO, HS, FPA ve CS ile bulunan sonuçlar Çizelge-2'de sunulmuştur. n=10 ve n=20 için sonuçlar elde edilmiştir. 3 girişli bir problem olması sebebiyle 3-5-1 ve 3-10-1 ağ yapıları kullanılmıştır. n=10'da, 3-10-1 ile 3-5-1'e göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. n=20'de, HS dışında aynı durum söz konusudur. n=10'da en iyi hata değeri ABC algoritması ile 3.36e-13 olarak elde edilmiştir. Bu hata değeri aynı zamanda 3-bit parity problemi için bulunan en iyi sonuçtur. Daha sonra ise sırasıyla CS, FPA, HS ve PSO gelmektedir. Popülasyon büyüklüğünün n=10'dan n=20'ye çıkması, 3-5-1 ağ yapısında ABC, FPA ve CS'de performans artışı sağlamıştır. 3-10-1'de ise sadece FPA ve CS'de iyileşme gözlemlenmiştir. n=20'de en başarılı sonuç ABC algoritması kullanılarak 6.21e-13 olarak elde edilmiştir. Sonraki en iyi sonuçlar ise sırasıyla CS ve FPA ile 1.93e-11 ve 2.80e-10 olarak elde edilmiştir. En başarısız sonuçlar ise HS ile bulunmuştur. 3-bit parity probleminin çözümü için meta-sezgisel algoritmaların başarı sıralaması belirlenerek Şekil-4'de verilmiştir. Şekil-4, ağ yapısında elde edilen sonuçlara göre oluşturulmuştur. n=10 ve n=20 de yer alan en iyi sonuçlar dikkate alınmıştır. 3-5-1 ve 3-10-1 ağ yapılarındaki başarı sıralamaları toplanarak genel başarı skoru elde edilmiştir. En iyi başarı skoru ABC algoritmasına aittir. Daha sonra ise sırasıyla CS ve FPA gelmektedir. PSO ve HS'nin genel başarı skoru eşit olup son sırada yer almaktadırlar.



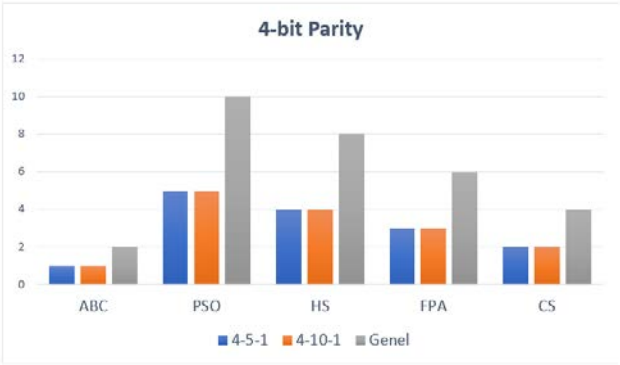
Şekil-4: 3-bit parity probleminin çözümünde meta-sezgisel algoritmaların başarı sıralamasının karşılaştırılması

Çizelge-3: 4-bit parity probleminin çözümü için elde edilen sonuçların karşılaştırılması

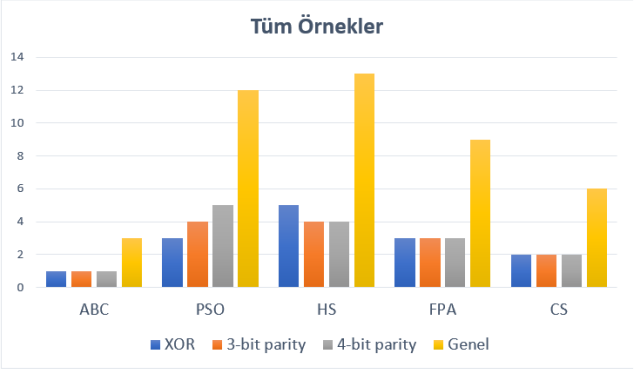
n	Algoritma	Ağ Yapısı	Hata (MSE)
10	ABC	4-5-1	4.41e-04
		4-10-1	4.80e-08
	PSO	4-5-1	2.97e-02
		4-10-1	2.45e-02
	HS	4-5-1	2.06e-02
		4-10-1	3.98e-04
	FPA	4-5-1	1.69e-02
		4-10-1	2.75e-05
	CS	4-5-1	3.99e-03
		4-10-1	1.70e-06
20	ABC	4-5-1	2.47e-04
		4-10-1	2.27e-08
	PSO	4-5-1	3.18e-02
		4-10-1	2.65e-02
	HS	4-5-1	6.09e-02
		4-10-1	9.96e-02
	FPA	4-5-1	4.66e-03

		4-10-1	6.70e-06
	CS	4-5-1	4.06e-04
		4-10-1	1.65e-06

4-bit parity probleminin çözümü için ABC, PSO, HS, FPA ve CS meta-sezgisel algoritmaları ile elde edilen eğitim sonuçları Çizelge-3'de verilmiştir. n=10 ve n=20 için sonuçlar elde edilmiştir. 4-5-1 ve 4-10-1 ağ yapıları kullanılmıştır. 4-10-1 ile 4-5-1'e göre daha iyi sonuçlar bulunmuştur. Sadece n=20'de, HS'nin hata değeri 4-10-1'de kötüleşmiştir. n=10'da en iyi sonuç, ABC algoritması ile 4.80e-08 olarak bulunmuştur. En başarısız sonuç ise PSO'ya aittir. n=20'de ise ABC'nin performansında kısmi iyileşme gözlemlenmiştir. Hata değeri 4.80e-08'den 2.27e-08'e düşmüştür. Bununla birlikte, n=20'de PSO'nun başarısı HS'den daha iyidir. 4-bit parity probleminin çözümü için meta-sezgisel algoritmaların başarı sıralaması belirlenerek Şekil-5'de verilmiştir. Şekil-5, ağ yapısında elde edilen sonuçlara göre oluşturulmuştur. n=10 ve n=20 de yer alan en iyi sonuçlar dikkate alınmıştır. 4-5-1 ve 4-10-1 ağ yapılarındaki başarı sıralamaları toplanarak genel başarı sıralaması elde edilmiştir. En iyi başarı skoru ABC algoritmasına aittir. Daha sonra ise sırasıyla CS, FPA, HS ve PSO gelmektedir.



Şekil-5: 4-bit parity probleminin çözümünde meta-sezgisel algoritmaların başarı sıralamasının karşılaştırılması



Şekil-6: Tüm örneklere göre meta-sezgisel algoritmaların başarı sıralamasının karşılaştırılması

İlgili problemlerin genelinde hangi algoritmanın daha iyi olduğunu belirlemek için genel bir başarı sıralaması oluşturulmuş ve Şekil-6'da sunulmuştur. En başarılı algoritmanın ABC olduğu görülmektedir. ABC algoritmasından sonraki başarı sıralaması ise CS, FPA, PSO ve HS olarak devam etmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, ileri beslemeli yapay sinir ağının eğitiminde ABC, PSO, HS, FPA ve CS meta-sezgisel algoritmalarının performansları karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma kapsamında XOR, 3-bit ve 4-bit parity problemleri kullanılmıştır. Popülasyon büyüklüğü (n), 10 ve 20 için sonuçlar bulunmuştur. Her örneğin modellenmesinde, gizli katmanındaki nöron sayıları değiştirilerek farklı ağ yapıları denenmiştir.

Popülâsyon büyüklüğü ve kullanılan ağ yapısının performansı etkilediği tespit edilmiştir. Gizli katmandaki nöron sayısının artması çoğunlukla çözüm kalitesini iyileştirmiştir. Bu durum oluşturulan modeli açıklamak için daha fazla parametreye ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Popülâsyon büyüklüğünün etkisi meta-sezgisel algoritmaya göre değişiklik göstermiştir. Bazıları n=10 için daha etkili olurken, bazıları ise n=20 de daha etkili olmuştur. Bu durum algoritmaların sistematik yapısının bir sonucudur.

Üç örnek için elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, ilgili problemlerin çözümü için algoritmaların başarı sıralaması ABC, CS, FPA, PSO ve HS şeklindedir. Özellikle ABC, CS ve FPA ile elde edilen hata değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, ilgili algoritmalar ile gerçekleştirilen modellemenin çok başarılı olduğunu göstermektedir.

Pek çok alana ait, birçok problemin çözümü için meta-sezgisel algoritmalar kullanılarak YSA eğitimi gerçekleştirilmektedir. Hangi algoritmanın eğitim sürecinde daha başarılı olduğu bu şekilde gerçekleştirilecek karşılaştırma çalışmaları ile anlaşılabilmektedir. Bu çalışma ile yapay sinir ağının eğitim sürecine ilişkin algoritmaların performansları üzerine bilgi verilmiştir. Her problem türü için algoritmaların performans sıralamaları değişiklik gösterebilir. Ya da bu çalışmada yer almayan daha başarılı meta-sezgisel algoritmalar olabilir. Bu sebeple gelecekte yapılacak çalışmalarda en etkili yapay sinir ağı eğitim algoritması arayışı devam ettirilerek; sistem kimliklendirme, ekonomi ve finans, sağlık, enerji, eğitim ve mühendislik gibi alanlardaki problemlerin çözümü için çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Kaynakça

[1] Abiodun, O.I., Jantan, A., Omolara, A.E., Dada, K.V., Mohamed, N.A., Arshad, *H. State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey*, Heliyon, 2018, 4(11), pp. e00938.

[2] Ozturk, C., Karaboga, D. *Hybrid artificial bee colony algorithm for neural network training*, in Editor (Ed.)^(Eds.): Book Hybrid artificial bee colony algorithm for neural network training (IEEE, 2011, edn.), pp. 84-88.

[3] Ozkan, C., Ozturk, C., Sunar, F., Karaboga, D. *The artificial bee colony algorithm in training artificial neural network for oil spill detection*, Neural Network World, 2011, 21(6), pp. 473.

[4] Kaya, E., Kaya, C.B.*A Novel Neural Network Training Algorithm for the Identification of Nonlinear Static Systems: Artificial Bee Colony Algorithm Based on Effective Scout Bee Stage*, Symmetry, 2021, 13 (3), pp. 419.

[5] Zhang, J.-R., Zhang, J., Lok, T.-M., Lyu, M.R. *A hybrid particle swarm optimization–back-propagation algorithm for feedforward neural network training*, Applied mathematics and computation, 2007, 185(2), pp. 1026-1037.

[6] Das, G., Pattnaik, P.K., Padhy, S.K. *Artificial neural network trained by particle swarm optimization for non-linear channel equalization*, Expert Systems with Applications, 2014, 41(7), pp. 3491-3496.

[7] Xie, K., Yi, H., Hu, G., Li, L., Fan, Z. *Short-term power load forecasting based on Elman neural network with particle swarm optimization*, Neurocomputing, 2020, 416, pp. 136-142.

[8] Tavakoli, S., Valian, E., ,Mohanna, S. *Feedforward neural network training using intelligent global harmony search*, Evolving Systems, 2012, 3 (2), pp. 125-131.

[9] Elattar, E.E., Elsayed, S.K., Farrag, T.A. *Hybrid Local General Regression Neural Network and Harmony Search Algorithm for Electricity Price Forecasting*, IEEE Access, 2020, 9, pp. 2044-2054.

[10] Kaya, C.B., Ebubekir, K. *A Novel Approach Based to Neural Network and Flower Pollination Algorithm to Predict Number of COVID-19 Cases*, Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, 2021, 9 (4), pp. 327-336.

[11] Chiroma, H., Khan, A., Abubakar, A.I., Saadi, Y., Hamza, M.F., Shuib, L., Gital, A.Y., Herawan, T. *A new approach for forecasting OPEC petroleum consumption based on neural network train by using flower pollination algorithm*, Applied Soft Computing, 2016, 48, pp. 50-58.

[12] Valian, E., Mohanna, S., Tavakoli, S. *Improved cuckoo search algorithm for feedforward neural network training*, International Journal of Artificial Intelligence & Applications, 2011, 2(3), pp. 36-43.

[13] Nawi, N.M., Khan, A., Rehman, M. *A New Levenberg Marquardt Based Back Propagation Algorithm Trained with Cuckoo Search*, Procedia Technology, 2013, 11, pp. 18-23.

[14] Najafi, F. *The Role of Metaheuristic Algorithm in Weight Training and Architecture Evolving of Feedforward Neural Networks*, 2020.

[15] Irmak, B., Gülcü, Ş. *Training of the Feed-Forward Artificial Neural Networks Using Butterfly Optimization Algorithm*, MANAS Journal of Engineering, 2021, 9(2), pp160-168.

[16] Gulcu, Ş. *Training of The Artificial Neural Networks Using States of Matter Search Algorithm*, International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 2020, 8(3), pp.131-136.

[17] Bousmaha, R., Hamou, R. M., Amine, A. *Optimizing Connection Weights in Neural Networks Using Hybrid Metaheuristics Algorithms*, International Journal of Information Retrieval Research (IJIRR), 2022, 12(1), pp.1-21.

[18] Mousavirad, S. J., Jalali, S. M. J., Ahmadian, S., Khosravi, A., Schaefer, G., Nahavandi, S. *Neural Network Training Using a Biogeography-Based Learning Strategy*, In International Conference on Neural Information Processing, 2020 November, Springer, Cham, pp. 147-155.