



## Ateş Böceği Algoritması ile Yağlı Tip Transformatörün Ağırlık Optimizasyonu

*The Weight Optimisation of Oil-Type Transformer with Firefly Algorithm*Mizgin AKDAĞ<sup>1\*</sup>, Mehmet ÇELEBİ<sup>2</sup><sup>1\*</sup> Harran Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, [Mizginkayaa@gmail.com](mailto:Mizginkayaa@gmail.com)ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6403-7492><sup>2</sup> Uşak Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, [mehmet.celebi@usak.edu.tr](mailto:mehmet.celebi@usak.edu.tr)ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1243-9403>

## MAKALE BİLGİLERİ

## Makale Geçmişi:

Geliş 17 Şubat 2022  
Revizyon 28 Nisan 2022  
Kabul 29 Nisan 2022  
Online 28 Haziran 2022

## Anahtar Kelimeler:

Ateş Böceği Algoritması,  
Optimizasyon, Simülasyon,  
Transformatör

## ÖZ

Transformatörler elektrik sistemlerinin en önemli birleşenlerinden biridir. Daha çok iletimde kullanılan bu sabit makineler, maliyetli elemanlardır. Maliyetli olmasının en büyük nedenlerinden bir tanesi transformatörün ağırlığıdır. Bu çalışmada transformatör tiplerinden biri olan yağlı tip transformatörün, Ateş böceği algoritması ile ağırlık optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üç faz, 50 Hz, 50 kVA, 34.5/0.4 kV ve üçgen-yıldız yağlı tip transformatör simüle edilmiştir. Bu simülasyon gerçekleştirilirken transformatörün akım yoğunluğu (s) ve demir kesiti uygunluk faktörü (C) optimize edilerek transformatörün ağırlığı ve ağırlığa bağlı olarak maliyeti optimal seviyeye düşürülmesi amaçlanmıştır. Simülasyonlar 200 kere MATLAB ortamında çalıştırılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre kullanılan parametreler optimal seviyede tutularak ağırlıkta yaklaşık olarak %11'lik bir azalma gerçekleştirilmiştir.

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 17 February 2022  
Received in revised form 28 April 2022  
Accepted 29 April 2022  
Available online 28 June 2022

## Keywords:

Firefly Algorithm , Optimization,  
Simulation, Transformer

## ABSTRACT

Transformers are the one of the most important components of electrical systems. These fixed machines, which are mostly used in transmission , are costly element. The biggest reason why it is costly is the weight of the transformer. In this study, the oil type transformer, which is one of the transformer types, is optimized with the Firefly algorithm. In this paper, a three-phase, 50 Hz, 50 kVA, 34.5/0.4 kV and triangle-star oil type transformer is simulation. While carrying out this simulation, it is aimed to reduce the cost to the optimal level depending on the weight and weight of the transformer by optimizing the transformer's current density(s) and iron section compatibility factor (C). The simulations are tried 200 times in MATLAB environment and the results were analyzed. According to the analysis results obtained, the parameters used are kept optimal level and approximately %11 by weight a decrease has occurred.

Doi: 10.24012/dumf.1075008

\* Sorumlu Yazar

## Giriş

Gelişen teknolojiyle sorunların hızlı bir şekilde çözüme ulaştırılması ve en iyi çözümle sonuçlandırılması büyük bir önem taşımaktadır. Bu yüzden problemlerin en iyi çözümünü bulmak için optimizasyon işlemleri gerçekleştirilir. Optimizasyon, verilen amaç veya amaçlar için belirli kısıtlamaların sağlanarak en uygun çözümün elde edilme sürecidir. Optimizasyon mühendislik alanında ve birçok alanda problemlerin çözümünde karar verme sürecini hızlandırdığı gibi doğru ve en iyi sonuca ulaşmayı sağlar. Bu doğrultuda bilim insanları tarafından birçok optimizasyon algoritmaları, teknikleri ve yöntemleri geliştirilmiştir.

Optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan klasik yöntemler, gerçek hayat problemlerini çözmeye yetersiz kaldığı, çözüm sürelerinin ve çözüm karmaşıklığının problem boyutuyla orantılı olarak çok artması, sezgisel araştırma yöntemlerinin gelişmesine yol açmıştır [1]. Bunun neticesi olarak ta sezgisel optimizasyon algoritmaları geliştirilmiştir. Sezgisel algoritmalar, genellikle doğadan esinlenerek oluşturulan yöntemlerdir. Bu sezgisel algoritmalar; fiziksel süreç ve yasalardan esinlenmiş algoritmalar olarak; yer çekimi arama algoritması (Gravity Search Algorithm)(GSA), benzetilmiş tavlama algoritması (Simulated Annealing)(SA), doğal olaylardan esinlenmiş algoritmalar olarak; kara delik optimizasyon algoritması, su döngüsü optimizasyon algoritması, canlılardan esinlenmiş algoritmalar olarak; yapay arı kolonisi algoritması (Artificial Bee Colony) (ABC), ateş böceği algoritması (Firefly Algorithm)(FA) gibi algoritmalar örnek verilebilir. Bunlarla beraber "En iyi olan hayatta kalır" felsefesine dayalı [1] genetik algoritma (Genetic Algorithm)(GA), incelenmiş noktaların tabu olarak sayıldığı ve tabu olan noktayı tekrar incelenmeyeceğini baz alan tabu arama algoritması da sezgisel algoritmaların bir diğer örnekleridir.

Literatüre bakıldığında, farklı algoritmalar ile yapılan birçok çalışma mevcuttur. Çalışmalar incelendiğinde elektrik makineleri alanında aşağıdaki optimizasyon teknikleri uygulanmıştır.

Görünür gücü 1.5 kVA olan bir kuru tip transformatörün demir kesiti değişkeni azaltılarak transformatör ağırlığı %20' ye yakın oranda Genetik Algoritma ile azaltılmıştır [2]. Bu uygulamada akım yoğunluğu ve demir kesiti uygunluğu sınır değerlere bağlı olarak GA optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve parametre sayısı artırılarak daha gerçekçi bir optimizasyon gerçekleştirilebileceği ön görülmüştür.

Genetik algoritma ile konsantre sargılı sabit mıknatıslı senkron motorun tasarım optimizasyonu amaçlanmıştır [3]. Senkron motorun temel parametreleri göz önünde bulundurularak tasarım gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler; rotor dış çapı ( $D_{rs}$ ), mıknatıs kalınlığı ( $l_m$ ), hava aralığı ( $\delta$ ), oluk kama yüksekliği ( $h_{sw}$ ), stator dış genişliği ( $b_{ts}$ ), stator dış çapı ( $D_o$ ), oluk yüksekliği ( $h_{ss}$ ), oluk açıklığının oluk genişliğine oranı ( $k_{open}$ ), yarım kutup açısı ( $\alpha$ ) ve motor uzunluğu ( $L_{ts}$ ) olarak seçilmiştir. Çalışmada popülasyon sayısı, iterasyon sayısı, çaprazlama oranı ve mutasyon oranı sırasıyla 25, 50, 0.8 ve 0.1 olarak

belirlenmiştir. Sonuç olarak, bulunan değerlerin sabit mıknatıslı senkron motorun tasarım optimizasyonu için denenen yaklaşımın tatmin edici olduğu kanısına varılmıştır.

Asenkron motorlarda rotor oluşunun farklı optimizasyon yöntemleri kullanılarak performansa etkileri incelenmiştir [4]. Çalışmada rotor oluk ölçüleri Ardışık lineer olmayan Programlama (SNP- Sequential Nonlinear Programming), Genetik Algoritma ve Ardışık Karışık lineer olmayan Programlama (SMINP- Sequential Mixed Nonlinear Programming) yöntemleri ile bulunmuş ve motor performansa etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak kullanılan üç farklı yöntemden de başlangıç değerlerine göre daha yüksek verim elde edildiği görülmüştür. Akı yoğunluğu ve kalkış performansı incelendiğinde GA optimizasyon sonuçlarının en optimum değerlerde olduğu görülmüş ve en verimli motor geometrisi GA kullanıldığında elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Kuru tip bir transformatörün verimini maksimize etmek amacıyla ateş böceği algoritması ile transformatörün tasarımı gerçekleştirilmiştir [5]. Uygulama için 100 KVA görünür güce sahip bir transformatörün demir kesiti uygunluğu ve akım yoğunluğu değerleri değiştirilerek maksimum verime ulaşılmaya çalışılmıştır ve sonuç olarak verim değeri %97 olarak saptanmıştır.

Tekrardan başka bir çalışmada kuru tip transformatörün akım yoğunluğu ve demir kesiti uygunluğu parametreleri kullanılarak tabu arama algoritması ile transformatörün optimizasyonu gerçekleştirilmiştir [6]. Bu çalışmada demir kesiti uygunluk faktörü, sargılardaki akım yoğunluğu, pencere genişliği, primer ve sekonder; sargı kesitleri, sargı uzunlukları ve sargı ağırlıkları, demir çekirdek çapı, transformatör bacak ve boyunduruk ağırlığı, transformatörün toplam ağırlığı ve verim gibi parametrelerin klasik yöntemler ile ve tabu araması sonucu elde edilen değerleri karşılaştırılmıştır. Tabu arama algoritması sonucu elde edilen değerlerde daha az nüve ve demir kaybı olduğunu buna bağlı olarak enerji ve maliyet tasarruf sağladıkları gözlemlenmiştir.

Diğer bir çalışmada ise transformatörün farklı yüklenme durumuna göre transformatör veriminin maksimum olduğu çalışma noktasının bulunması yerçekimsel arama algoritması (GSA) ile sağlanmıştır [7]. Çalışmada yağlı ve kuru tip transformatörlerin akım yoğunluğu ve demir kesiti uygunluk aralıkları temel alınarak klasik yöntemle bulunan değerler ve yerçekimsel arama algoritması sonucu elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; yerçekimsel arama algoritmasının bulmuş olduğu parametreler ile verim optimizasyonu için uygulanabilir ve alternatif bir yöntem olduğu saptanmıştır.

Literatürde yağlı tip transformatörlerde kullanılan yağ optimizasyon çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmanın amacı madeni yağın performansını iyileştirmektir [8]. Çalışmada farklı yağlar harmanlanarak bir karışım hazırlanmıştır. Optimum karışımın sıvı yalıtım seçimi gri ilişkisel analiz yöntemi (Grey Relation Analysis)(GRA) ile gerçekleştirilmiştir. Transformatörde daha iyi çıkış değerleri elde etmek için kullanılan yağ numunelerinin (ayçiçeği yağı, palmye yağı, kolza tohumu yağı, zeytin

yağı, doğal ester yağları) optimal karıştırma seviyelerini belirlemek için taguchi tabanlı gri ilişkisel analiz yöntemi kullanılmış ve optimal karışım oranı elde edilmiştir.

Yeni sezgisel bir yaklaşım olan ateş böceği algoritması ile yağlı tip transformatörün hacmi optimize edilip en kısa zamanda optimum değere ulaşılması amaçlanmıştır [9]. Transformatörün yükseklik, yüzey alan genişliği ve uzunluğu, derinlik gibi parametreler GA ve ateş böceği algoritmaları kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda FA sonuçları GA sonuçlarına göre daha iyi olduğu ve ateş böceği algoritmasının daha hızlı sonuca ulaştığı görülmüştür.

Diğer bir çalışmada ise transformatörün verimini en üst seviyeye çıkarmak için üç farklı meta sezgisel algoritma kullanılmıştır [10]. Bu algoritmalar parçacık sürü algoritması, benzetimli tavlama ve ağaç tohum algoritmasıdır. Çalışmada üç fazlı 100 kVA'lık kuru tip transformatör kullanılmış akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörü optimize edilerek maksimum verime ulaşılmaya çalışılmıştır. Her algoritma 30 defa çalıştırılmış ve iterasyon sayısı 50 olarak belirlenmiştir. Benzetimli tavlama algoritmasının 40. iterasyonda en iyi değer ulaştığı ve bu değer 0.981 olduğu, parçacık sürü algoritmasının 50. iterasyonda en iyi değere ulaştığının ve bu değer 0.9838 olduğu, ağaç tohum algoritmasının ise en iyi değere 30. iterasyonda ulaştığı ve bu değer 0.98439 olduğu gözlemlenmiştir ve ağaç tohumu algoritmasının bu üç algoritma arasında maksimum verimliliği bulmada hem en hızlı hem de en iyisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Dağıtım transformatörlerin tasarımında farklı algoritmaların kullanılıp kıyaslandığı çalışmalar mevcuttur[11]. Çalışmada yaklaşık 20 tane güncel meta sezgisel algoritma incelenmiş bunlar arasında en iyi performans gösteren yapay arı kolonisi, geri-izleme arama optimizasyonu, rekabetçi-uyarmalı diferansiyel gelişim, guguk kuşu arama ve çiçek tozlaşma algoritmaları çalışmalarına yer verilmiştir. Çalışmada amaç fonksiyonu transformatörün ana malzeme maliyetinin minimize edilmesi kısıt ise boşa kayıp kısıtı olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, üç farklı güce sahip transformatörün performans testleri sonucu rekabetçi-uyarmalı diferansiyel gelişim algoritmasının 30 saniyeden kısa bir sürede %99.9'dan daha fazla doğruluk ve hassasiyetle sonuç ürettiği kanıtlanmıştır[11].

Bazı çalışmalarda hibrit algoritma şeklinde tanımlanan, iki farklı algoritmanın beraber kullanılması, algoritmalar kullanılmaktadır. Karınca kolonisi algoritması ve ateş böceği algoritması kullanılarak yağlı tip transformatörün tank maliyeti optimize edilmeye çalışılmıştır [12]. Visual studio platformunda transformatör tank ara yüzü oluşturulmuş ve duvar sac kalınlığı, donatı(transformatör tankını oluşturan malzeme) kalınlığı, taban plakası kalınlığı, taban plakası dayanımı, taban plakası sehimi, taşıma kuvvetleri, duvar plakası kalınlığı, donatı yüksekliği, donatı üst katman genişliği, dayanım momentleri, donatı kesiti ve donatı ağırlığı gibi parametreler optimize edilerek sonuç olarak elde edilen değerlerden trafo tankında kullanılacak malzemelerden %5'ten %15'e kadar tasarruf elde edildiği gözlemlenmiştir.

Çalışmalar incelendiğinde bazı çalışmaların ise problemi optimize eden algoritmaların iyileştirilmesine yönelik olduğu görülmektedir. Çalışmalar aşağıda bahsedildiği gibidir.

Çalışmada havada meydana gelen anlık değişimlerin ateş böceği algoritması tarafından göz önünde bulundurularak ateş böceği algoritması daha iyileştirilmeye çalışılmıştır [13]. Işık emilim katsayısının algoritmada sabit bir sayı olarak kullanılması algoritmanın başarısı açısından yeterli olmadığı düşünülüp havanın sisli, nemli gibi durumlarında değişken ışık emilim katsayısı kullanılması önerilmiş ve bu geliştirilmiş algoritma iris, car, zoo üç veri kümesini sınıflama amacıyla kullanılmıştır.

Kaos teorisi, her iterasyon sonunda en iyi ışık yayan ateş böceğine uygulanarak kaotik ateş böceği optimizasyon algoritması (KAOA) geliştirilmiştir [14]. KAOA, termik güç santralleri içerisinde olan kayıplı bir güç sistemindeki çevresel ekonomik yük dağıtım problemlerinin çözüm optimizasyonunda kullanılmıştır. Klasik ateş böceği algoritması ekonomik yük dağıtım problemlerinin çözümünü gerçekleştirmediği kısımlarda, KAOA çözüme daha kolay ulaştığı saptanmıştır.

Literatürdeki araştırmaların çoğunun transformatörlerin genel olarak ağırlık ve maliyetini düşürmeye yönelik olduğu ve bu amaç doğrultusunda farklı tasarımlar gerçekleştirildiği ve farklı sezgisel algoritmalar kullanıldığı görülmüştür. Çalışmaların çoğunda genellikle farklı optimizasyon yöntemleri kullanılmış olsa da genel olarak optimizasyon parametreleri akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörü olarak seçilmiştir [2], [5], [6], [7], [10], [15], [16], [17]. Bazı çalışmalarda ise bu parametrelerle beraber transformatör tasarım parametreleri yağlı ve kuru tip transformatör için değerlendirilerek transformatör ağırlıkları karşılaştırılmıştır [25].

Transformatör tasarım optimizasyonunda kullanılan algoritmalar ise genetik algoritma [2], [16], [18], ateş böceği algoritması [5], [9], [12], [17],[20], kır kurdu [19], tabu arama [6], yer çekimsel arama [7] algoritmalarıdır. Transformatör tasarımı optimizasyonuna dair farklı algoritmalar literatürde kullanılmış olsa da ateş böceği ile transformatör optimizasyon çalışmaları az sayıda olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada transformatörün ağırlığının, akım yoğunluğu(s) ve demir kesit uygunluğu(C) kısıtlamaları ele alınarak, sezgisel algoritmalarından biri olan ateş böceği algoritması yöntemi ile minimize edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma, tasarlanan 50 kVA'lık transformatör ele alınarak gerçekleştirilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen transformatörün matematiksel modeli literatürdeki transformatör çalışmaları baz alınarak oluşturulmuştur [16], [21]. Ele alınan transformatörün etiket değerleri Tablo1'de verilmiştir.

Tablo 1. Transformatör Etiket Değerleri

Tipi	Yağlı tip	%uk	% 4.5
Görünür Gücü	50 kVA	Sargı bağlantı şekli	Üçgen/Yıldız

<b>Nominal Gerilim</b>	34.5/0.4 kV	<b>Frekans</b>	50 Hz
<b>Nominal Akım Değeri</b>	0.8367 A	<b>Soğutma tipi</b>	ONAN
<b>Boşta Çalışma Akımı</b>	2.76 A	<b>Verim</b>	97.06

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada son zamanlarda birçok alanda sıklıkla kullanılmaya başlanılan ateş böceği algoritması, 50 kVA'lık görünür güce sahip üçgen yıldız bağlı yağlı tip transformatörün ağırlık probleminin optimize edilmesinde kullanılmıştır.

### Ateş Böceği Algoritması

Ateş böceği algoritması, ateş böceklerinin bazı koşullarda gösterdikleri tepkileri baz alarak geliştirilmiş meta sezgisel bir algoritmadır. Bu algoritma, Ulusal Fizik Laboratuvar'ında Kıdemli araştırma bilimcisi olan Xin-She Yang tarafında 2008 yılında bulunmuştur.

Doğadaki birçok ateş böceği kısa ve ritmik ışıklar üretir. Bu ışık karın bölümünün son kısmında, lüsiferin maddesinin lüsiferinaz enziminin katalizörliğünde kademeli olarak oksijen ile yanması sonucu meydana gelir. Meydana gelen ışık karşı cinsi etkileme ve avlanma durumunda avı kendine çekmek için üretilir. Ateş böcekleri bu üretilen ışığa göre yönelim sağlarlar. Eğer bir ateş böceği kendinden daha parlak bir ateş böceği bulursa ona yönelim sağlayacaktır şayet kendinden daha parlak bir ateş böceği bulamazsa kendi etrafında rastgele hareket edecektir. Bu parlaklık derecesi ışık yoğunluğuna ve mesafeye bağlıdır. FA algoritması sürü tabanlı bir algoritmadır. Sürü algoritmaları, temel olarak sürüde bulunan bireylerin pozisyonunun, sürünün en iyi pozisyonuna sahip olan bireyine yaklaştırılmasına dayanır [23]. Ateş böceği algoritması, ateş böceklerinin oluşturdukları ışık ve bu ışığın parlaklığına göre ateş böceklerinin hareketini temel olarak şekillenmiştir. Sürüden esinlenen davranışlar algoritmanın üç temel kuralını oluşturmaktadır. Bunlar:

- 1) Tüm ateş böcekleri cinsiyetsizdir, böylelikle cinsiyete bakılmaksızın bir ateş böceği diğer ateş böceklerini çekebilir [22].
- 2) Çekicilik parlaklıkla doğru orantılıdır, böylece ışık yayan iki ateş böceğinden, az parlaklığa sahip olan daha parlak olana yönelir. Parlaklık aradaki uzaklığa bağlı olarak değişir. Eğer parlaklık seviyesi eşit ise rastgele hareket meydana gelir [13].
- 3) Parlaklık uygunluk (amaç) fonksiyonunu ile belirlenir [13]. En parlak ateş böceğini optimal değer olarak kabul eden bir amaç fonksiyonu vardır.

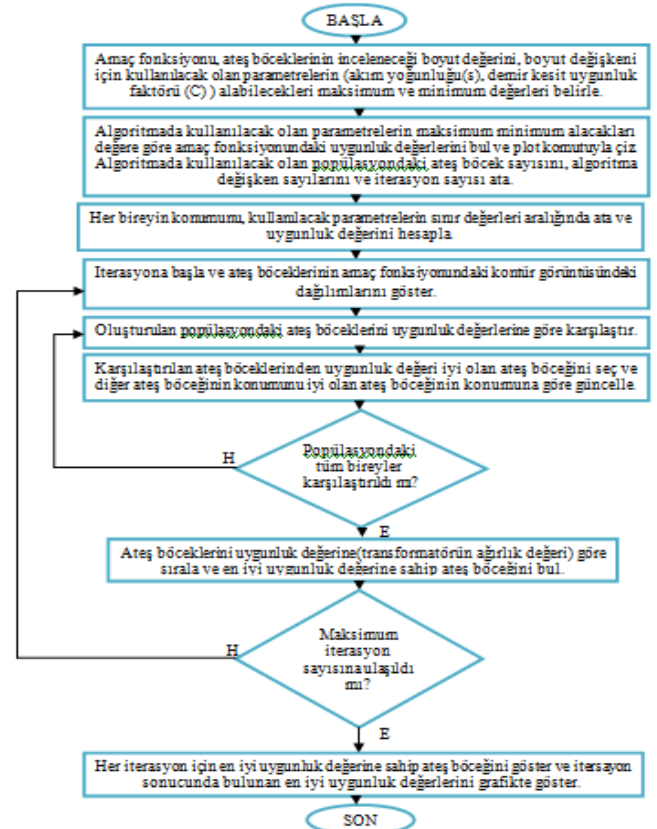
Ateş böceği algoritmasının diğer algoritmalara göre avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Ateş böceği algoritması karmaşıklık yönünden basit bir algoritmadır. Belirlenen parametre sayısına göre algoritmada döngü oluşturularak problem çözümüne gidilebilir.

- 2) FA algoritması diğer algoritmalara iki büyük avantajı: otomatik alt bölümlere ayrılma ve problemleri multimodalite ile çözmesidir [24].
- 3) Diğer algoritmalar sadece en iyi yerel sonuca odaklıyken FA algoritması yerel en iyi sonuçla beraber global en iyi sonuca odaklıdır.

Çalışmada kullanılan algoritmanın optimizasyon işlemi için ilk olarak amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan amaç fonksiyonu transformatörün ağırlık değeri olup baz alınan parametrelere göre transformatör ağırlığının değişimini gösteren fonksiyondur. Bununla beraber algoritmayı oluşturacak parametrelerin değerleri, literatürde ateş böceği algoritmasına dair yapılan çalışmalar incelendikten sonra uygun aralıklarda belirlenmiştir. Optimize edilecek olan akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluğu parametrelerin maksimum ve minimum değer aralıklarına belirlenerek oluşturulacak popülasyondaki ateş böceklerinin konumların bu değerler arasında olması sağlanmıştır. Konumu oluşturulan her ateş böceğinin amaç fonksiyonundaki uygunluk değeri yani atanan optimizasyon parametrelerin aldıkları değer aralıklarına göre transformatörün ağırlığı hesaplanmıştır. Her bir iterasyonda oluşturulan popülasyondaki ateş böcekleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonrası en iyi uygunluk fonksiyonuna sahip ateş böceği bulunmuş ve diğer ateş böceklerinin konumları bu ateş böceğine göre güncellenmiştir. Her iterasyon sonucu en iyi uygunluk değerine sahip ateş böceği bulunmuş olup transformatördeki ağırlık miktarını düşüşü incelenmiştir.

Transformatörün optimizasyonu için kullanılan ateş böceği algoritmasının işlem basamakları Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Ateş böceği algoritması akış şeması

Belirtilen temel kurallara göre ateş böceği algoritması oluşturulduğunda sürünün en parlak ateş böceğine yönelim sağlandığı baz alınarak bir amaç fonksiyonu seçilir. Parlaklık aradaki mesafeye göre değiştiğinden dolayı ters kare yasasına göre fiziksel bir büyüklüğün şiddeti o fiziksel büyüklüğün kaynağından uzaklığının karesiyle ters orantılı olduğundan ışık şiddeti  $I(r)$  Eş. 1' de gösterildiği gibidir.

$$I(r) = \frac{I(s)}{r^2} \quad (1)$$

Burada  $I(s)$  ; ışık kaynak şiddeti,  $r$ ; uzaklığı temsil etmektedir. Bir ortamda ışık yayılırken belli bir miktar emilime uğrar [13]. Bu emilim katsayısını ( $\gamma$ )hesaba katıldığı zaman denklem Eş. 2' deki gibi olmaktadır.

$$I(r) = I_0 e^{-\gamma r^2} \quad (2)$$

Denklemde  $I_0$  değişkeni başlangıç ışık şiddetini temsil etmektedir. Bir ateş böceğinin çekiciliği, komşu ateş böceklerinin gördüğü ışık yoğunluğuyla orantılı olduğundan, ateş böceğinin çekiciliğini[22],  $\beta(r)$  ifadesini Eş.3'te belirttiği gibi bulabiliriz.

$$\beta(r) = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad (3)$$

Eş. 3'te belirtilen  $\beta_0$  ;  $r=0$  değerindeki çekicilik değeridir. Yani iki ateş böceğinin arasındaki mesafenin sıfıra eşit olduğu çekicilik değeridir. Ateş böceklerini iki boyutlu düzlemde incelediğimizde  $i$  ve  $j$  ateş böceklerinin Kartezyen düzleminde konumları  $X_i(x_i, y_i)$  ,  $X_j(x_j, y_j)$  şeklinde olacaktır. İki ateş böceğinin arasındaki mesafe( $r_{ij}$ ) Eş 4' teki formül ile hesaplanır.

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (4)$$

Ateş böceklerinden  $j$  ateş böceğinin daha parlak olduğunu varsayarsak  $i$  ateş böceği  $j$  ateş böceğine yönelir. Böylece  $i$  ateş böceğinin mevcut konumu değişir. Bu yeni konum Eş. 5' te gösterilmektedir.

$$X_{i(\text{yeni konum})} = X_{i(\text{bir önceki konum})} + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (X_j - X_i) + \alpha \epsilon_i \quad (5)$$

Eş. 5'te tanımlanan ifadedeki  $\alpha$  terimi rastgeleliği temsil etmektedir. Genellikle  $\alpha$  terimi [0 1] aralığında değer alır.  $\epsilon_i$ , Gauss dağılımından çizilen rastgele sayıların vektörüdür [22]. Bazı çalışmalarda  $\epsilon_i$  ifadesi yerine  $(\text{rand} - \frac{1}{2})$  ifadesi kullanılır. İki ifade birbirine eşittir ve  $\text{rand}$  [0 1] değer aralığı içinde eşit olarak dağıtılmış bir rastgele sayı üreticidir [22].

Ateş böceği algoritması kuralları ve gerekli eşitlikler göz önünde bulundurularak program kodu oluşturulup optimizasyon gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

### Ateş Böceği Algoritması Demo Kod

Ateş böceği algoritması farklı platformlarda kodlara dökülebilir. Demo kodlar MATLAB platformunda denenmiştir. Bu kodlar Şekil 2'de gösterilmiştir.

```

CostFunction=@(x)max4(x);
nVar=2;
VarSize= 1:2;
VarMin=[2.2 4];
VarMax= [3.5 6];
MaxIt=10;
nPop=10;
gamma=1;
beta0=1;
alpha=0.2;
alpha_damp=0.98;
delta=0.05*(VarMax-VarMin);
for i=1:nPop %%Başlangıç popülasyonu
    pop(i).Position=unifrnd(VarMin,VarMax,VarSize);
    pop(i).Cost=CostFunction(pop(i).Position);
    if pop(i).Cost<=BestSol.Cost
        BestSol=pop(i);
    end
end
for it=1:MaxIt
    for i=1:nPop
        for j=1:nPop
            if pop(j).Cost< pop(i).Cost
                newsol.Position = pop(i).Position ...
                    + beta*rand(VarSize).*(pop(j).Position-pop(i).Position) ...
                    + alpha*e;%% ana fonksiyon
                newsol.Position=max(newsol.Position,VarMin);
                newsol.Position=min(newsol.Position,VarMax); end
            end
        end
    end
end

```

Şekil 2. Ateş böceği algoritması demo kodu

### Yağlı Tip Transformatör Tasarımı

Yapılan çalışmada ateş böceği algoritmasının değişkenlerini belirleyecek transformatöre ait iki parametre kullanılmıştır. Bunlar, akım yoğunluğu ve demir kesiti uygunluğu parametreleridir.

En uygun verim bakır kayıplarının demir kayıplarına eşit olması ve bakır kayıplarının da primer ve sekonder sargılara eşit bir şekilde bölünmesi halinde erişilmiş olur [21]. Bakır ve demir kayıplarının oranı Eş.6' da belirtildiği gibidir.

$$\xi = \frac{P_{cu}}{P_{fe}} \quad (6)$$

Burada  $P_{cu}$  bakır kayıplarını,  $P_{fe}$  demir kayıplarını,  $\xi$  ise kayıp oranını ifade etmektedir.  $P_{cu}$  Eş. 7'de,  $P_{fe}$  Eş. 8'de tanımlanmıştır.

$$P_{cu} = 2.7 * s^2 \quad \text{Watt/kg} \quad (7)$$

$$P_{fe} = P_{10} * \xi_2 * \left(\frac{B}{10000}\right)^2 \quad \text{Watt/kg} \quad (8)$$

Transformatör saçlarının işlenmesi sonucunda denklem Eş. 8' de verilen demir kayıpları  $\xi$  kayıp faktörü kadar artar



[12]. Eş. 8'de,  $P_{10}$ , kayıp faktörü  $\xi_2$ , saçların işlenmesi sonucunda husule gelen ilave kayıp faktörü, B, yağlı trafolarde çekirdek endüksiyonudur. Eş. 7'de belirtilen, akım yoğunluğunu ifade etmektedir ve yağlı tip transformatörler için değer aralığı 2.2-3.5 ( $A/cm^2$ ) iken kuru tip transformatörler için 1.7-2 ( $A/cm^2$ ) arasında değişmektedir. Transformatörün demir kesiti hesabı Eş.9'da verilmiştir.

$$q_{fe} = C \sqrt{\frac{1000 * S}{3f}} \quad (cm^2) \quad (9)$$

Burada  $S$ , görünür güç,  $f$ , frekans,  $q_{fe}$ , demir kesiti,  $C$  ise demir kesiti uygunluk faktörüdür. Demir kesiti uygunluk faktörü yağlı tip ve kuru tip transformatörlerde değer aralığı değişmektedir. Yağlı tip transformatörlerde 4 ile 6 ( $cm^2 joule^{-\frac{1}{2}}$ ) kuru tip transformatörlerde 5.9 ile 10.6 ( $cm^2 joule^{-\frac{1}{2}}$ ) aralığında değer alır.

Artık alt ve üst gerilim sargılarının bakır ağırlıkları ifadesi Eş.10 ve Eş.11'de verilmiştir.

$$G_{cu1} = 3 * 10^{-5} * \gamma_{cu} * w_1 * q_1 * l_{m1} \quad kg \quad (10)$$

$$G_{cu2} = 3 * 10^{-3} * \gamma_{cu} * w_2 * q_2 * l_{m2} \quad kg \quad (11)$$

Denklemlerde belirtilen  $\gamma_{cu}$  değişkeni, bakır özgül ağırlığını,  $l_{m1}$  ve  $l_{m2}$  değişkeni, üst ve alt gerilim sargılarının ortalama uzunluklarını,  $w_1$  ve  $w_2$  değişkeni, üst ve alt gerilim sargılarının sarım sayısını,  $q_1$  ve  $q_2$  üst ve alt gerilim sargısı sargı kesitlerini ifade etmektedir. Toplam demir ağırlığı Eş.12 'de belirtildiği gibidir.

$$G_{fe} = 10^{-3} * \gamma_{fe} (0.3 * L_s * q_{fej} * 2(2M * 0.8D)q_{fej} \quad (12)$$

Eş. 12'de mevcut olan  $\gamma_{fe}$ , demir özgül ağırlığını,  $D$ , demir çekirdeği çapını,  $q_{fej}$ , boyunduruk bacak kesitini,  $L_s$ , pencere veya bacak yüksekliğini temsil etmektedir.  $M$  değişkeni ise Eş. 13'te verilmiştir.

$$M = 0.851D + 0.1L_s \quad (13)$$

$G_{feb}$ , her üç bacağın ağırlığı olup şu şekilde ifade edilir.

$$G_{feb} = 3 * 10^{-4} * \gamma_{fe} * q_{fej} * L_s \quad (kg) \quad (14)$$

Toplam boyunduruk ağırlığı Eş. 15'te verilmiştir.

$$G_{fej} = 2 * 10^{-3} * \gamma_{fe} * q_{fej} (2a + b_{bacak}) \quad (kg) \quad (15)$$

Bacak genişliği ( $b_{bacak}$ ), değeri 0.851D'ye eşittir. Trafonun demir gövdesinde meydana gelen toplam demir kaybı şu şekildedir.

$$P_{fe} = P_{febacak} + P_{fej} \quad (Watt) \quad (16)$$

Son olarak trafonun toplam kaybı ( $P_k$ ) ve buna bağlı olarak verim denklemi, toplam ağırlık ( $G_{top}$ ), verilen eşitliklerde belirtilmiştir.

$$P_k = P_{cu} + P_{fe} \quad (Watt) \quad (17)$$

$$verim = \frac{s}{s + 10^{-3} P_k} \quad (18)$$

$$G_{top} = G_{cu1} + G_{cu2} + G_{fe} + G_{feb} \quad (kg) \quad (19)$$

Algoritmada temel olarak kullanılan akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluğu parametrelerin değer aralığı Eş.20 ve Eş 21'de belirtildiği gibidir.

$$2.2 \leq s \leq 3.5 \quad A/cm^3 \quad (20)$$

$$4 \leq C \leq 6 \quad cm^2 joule^{-\frac{1}{2}} \quad (21)$$

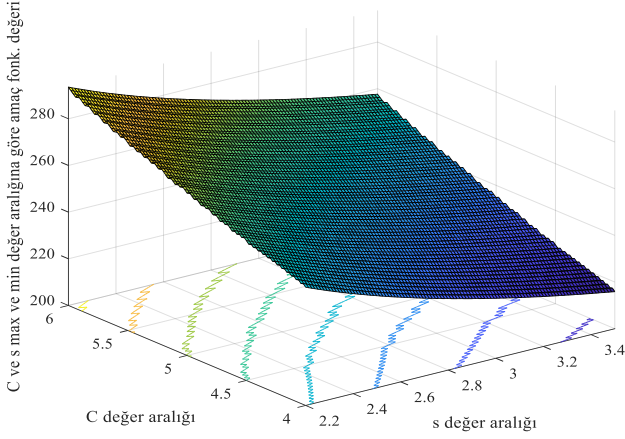
Çalışmada akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluğu Eş.20 ve Eş 21'de belirtilen değer aralığında tutularak verim ve trafodaki toplam ağırlığın en iyi değeri bulunmaya çalışılmıştır.

### Simülasyon Sonuçları

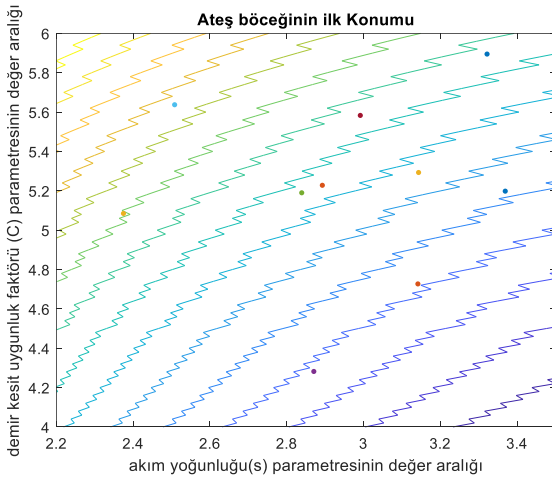
Çalışma MATLAB platformunda gerçekleştirilmiştir. Amaç fonksiyonu, transformatörün toplam ağırlığı, parametreler ise akım yoğunluğu, demir kesit uygunluk faktörü olarak belirlenmiştir.

İlk olarak transformatörün akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörü parametreleri Eş. 20 ve Eş.21 'de belirtilen değer aralıklarında tutularak amaç fonksiyonunda alabilecekleri maksimum ve minimum değerler üç boyutlu eksende çizdirilmiştir. Burada amaç fonksiyonu transformatörün ağırlık değeridir ve akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluğu parametrelerin alabileceği her değere karşılık gelen transformatör ağırlığının üç boyutlu çizimi Şekil 3'te yer almaktadır.

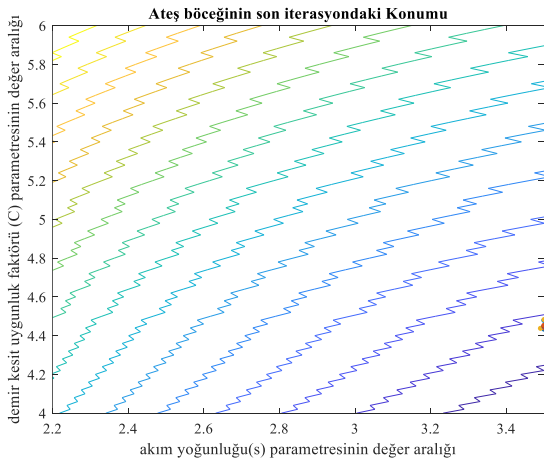
Ateş böceklerinin güncel ve yeni konumları iki boyutlu eksende incelenmiştir. Eksen boyutunun iki boyutlu seçilme nedeni amaç fonksiyonunda iki değişken parametre olan akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörünün kullanılmasıdır. Bu parametreler ateş böceğinin konumlarını belirleyen temel unsurlardır. Algoritma başlangıçta değişken parametrelerin değer aralıklarında belirtilen değerlere göre popülasyondaki ateş böceklerinin konumlarını rastgele atamaktadır. Atanan konum değerlerine göre her bir ateş böceğinin uygunluk değeri amaç fonksiyonuna bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bulunan her bireyin uygunluk değeri ateş böceklerinin parlaklığını temsil etmekte olup transformatörün ağırlığına eş değerdir. Kullanılan algoritmada popülasyon sayısı ve iterasyon sayısı 10 olarak belirlenmiştir. Ateş böceklerinin atanan ilk konumlarına göre dağılımları çizdirilen amaç fonksiyonundaki kontür görüntüsündeki dağılım durumları Şekil 4'te, iterasyon sayısı tamamlandıktan sonraki dağılım durumları Şekil5'te yer almaktadır.



Şekil 3. Üç boyutlu eksende çizdirilen amaç fonksiyonu



Şekil 4. Oluşturulan ilk popülasyondaki ateş böceklerinin konumlarına göre dağılımları



Şekil 5. Son popülasyondaki ateş böceklerinin konumlarına göre dağılımları

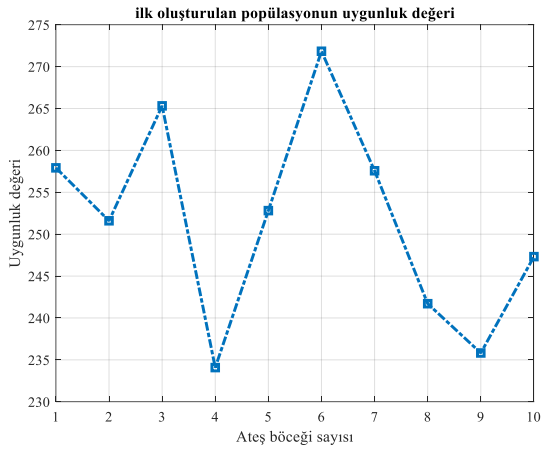
Şekil 3'te yer alan üç boyutlu çizimde x eksenini akım yoğunluğu parametresinin alabileceği maksimum ve minimum değer aralıklarını, y eksenini demir kesiti uygunluk faktörü parametresinin alabileceği maksimum ve minimum

değer aralığını, z eksenini ise bu iki parametrenin maksimum ve minimum değer aralıklarında alabilecekleri değerlere karşılık transformatörün toplam ağırlığını göstermektedir. Şekil 3'te elde edilen değerler ateş böceği algoritması uygulanmadan önce elde edilen değerlerdir. Algoritma işlenmeden önce elde edilen değerler transformatörün sahip olabileceği değer aralıklarını göstermektedir.

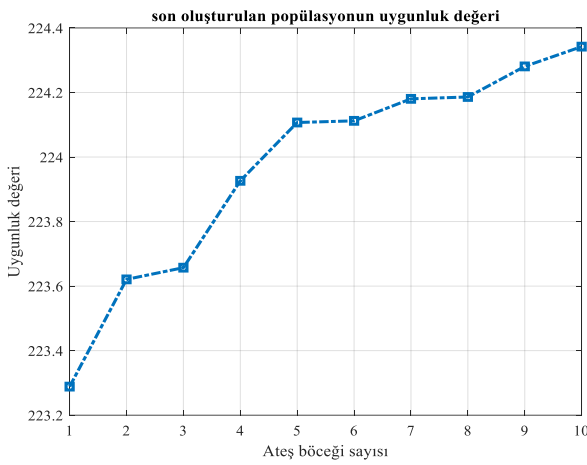
Şekil 4 incelendiğinde ateş böcekleri rastgele dağıldığı gözlemlenmiştir. Şekil 5'te ise Şekil 4'te algoritma tarafından ilk oluşturulan popülasyondaki ateş böceklerinin, akım yoğunluğu ve demir kesiti uygunluk faktörü parametrelerinin değer aralığında, atanan konumlarına göre dağılımlarını ve bu dağılımın Şekil 3'te gösterilen üç boyutlu amaç fonksiyonunun kontür görüntüsünde aldıkları konumları göstermektedir. Oluşturulan popülasyon konum değerleri belirlenen parametreler (akım yoğunluğu, demir kesiti uygunluğu) aralığında random olarak atandığı için ateş böceklerinin her birinin konumları farklı olup aralarındaki uzaklık farklı mesafededir.

Şekil 5 incelendiğinde ateş böceklerinin bir noktada toplandığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni algoritmayı oluşturulan temel unsurlardan, bir ateş böceği kendinden daha parlak olan ateş böceğine yönelir kuralı, kaynaklanmaktadır. Bu kural, amaç fonksiyonunun minimize veya maksimize bir fonksiyon olmasına bağlı olarak ateş böceklerinin yönelimine göre değişebilir. Algoritmada önemli olan en iyi amaç fonksiyonuna ulaşmaktır. Amaç fonksiyonu minimize bir fonksiyon ise ateş böcekleri uygunluk değeri az olan ateş böceğine yönelim sağlayacaklardır fakat amaç fonksiyonu maksimize bir fonksiyon ise ateş böcekleri uygunluk değeri yüksek olan ateş böceğine yönelim sağlayacaklardır. Her iki yönelim durumunda yönelen ateş böceğinin konumu uygunluk değeri iyi olan ateş böceğinin konumuna göre güncellenecektir. Bu işlem algoritmada belirtilen iterasyon sayısı tamamlanana kadar devam edecektir.

Çalışmadaki amaç transformatörün ağırlığının minimize edildiği değerlere ulaşmak olduğu için amaç fonksiyonu minimize bir fonksiyondur. Bundan dolayı ateş böceklerinin kendinden daha az uygunluk değerine sahip olan ateş böceğine yöneldikleri gözlemlenmiştir. Şekil 6 ve Şekil 7'de ilk ve son oluşturulan popülasyondaki bireylerin uygunluk değeri gösterilmiştir. İlk ve son popülasyondaki ateş böceklerinin konumlarına göre transformatörün ağırlık değerleri ve her birey için ağırlık değerinde meydana gelen azalma miktarı Çizelge 2'de belirtilmiştir.



Şekil 6. İlk popülasyondaki bireylerin uygunluk değeri



Şekil 7. Son popülasyondaki bireylerin uygunluk değeri

Şekil 6 ve Şekil 7 incelendiğinde son popülasyondaki ateş böceklerinin uygunluk değerleri, ilk popülasyondaki ateş böceklerinin uygunluk değerlerine göre daha yakın bir aralıkta değerler aldığı gözlemlenmektedir. Bununla beraber ilk oluşturulan popülasyondaki bireylerin uygunluk değer limitleri arasındaki farkın son popülasyondaki bireylerin uygunluk değer limitleri arasındaki farka göre daha fazla olduğu ve son popülasyondaki maksimum, minimum değerlerin ilk popülasyondaki değerlere göre daha azaldığı dikkat çekmektedir. Şekil 6 ve Şekil 7 ateş böceklerinin yönelimleri sonucu güncellenen konumlarına göre uygunluk değerlerinin değişimini ve buna bağlı olarak değişen parametrelerde en iyi transformatör ağırlığını açıkça göstermektedir. Tablo 2'de ilk ve son popülasyondaki bireylerin konum değerlerinin nasıl değiştiği ve buna bağlı olarak transformatörün ağırlık düşüşü belirtilmektedir.

Tablo 2. İlk popülasyon ve son popülasyondaki ateş böceklerin konum ve transformatörün ağırlık değerleri

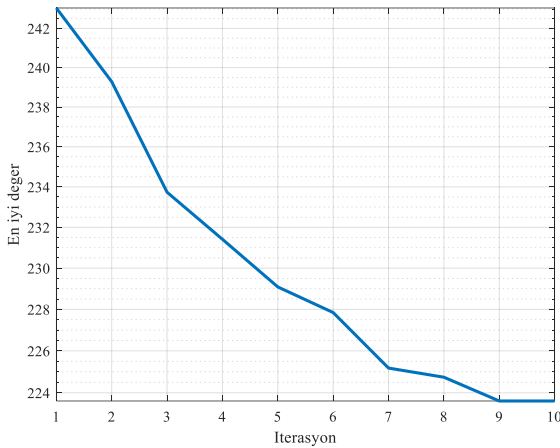
Ateş Böceği Sayısı	İlk Popülasyon	Transformatör Ağırlık Değerleri(kg)	Son Popülasyon	Transformatör Ağırlık Değerleri(kg)	Transformatör Ağırlığının Düşüş Miktarı (%kg)
1.	[3.3218 5.8949]	257.9183	[3.5000 4.4336]	223.2885	% 13.426
2.	[2.8927 5.2280]	251.5988	[3.5000 4.4402]	223.6208	% 11.120
3.	[2.3746 5.0848]	265.3182	[3.4905 4.4377]	223.6571	% 15.702
4.	[2.8705 4.2819]	234.0765	[3.5000 4.4462]	223.9263	% 4.336
5.	[2.8391 5.1899]	252.8128	[3.5000 4.4497]	224.1070	% 11.354
6.	[2.5079 5.6374]	271.8368	[3.5000 4.4784]	224.1121	% 17.556
7.	[2.9916 5.5831]	257.5709	[3.5000 4.4512]	224.1803	% 12.963
8.	[3.3692 5.1982]	241.7030	[3.5000 4.4798]	224.1861	% 7.247
9.	[3.1416 4.7268]	235.8194	[3.5000 4.4532]	224.2808	%4.892
10.	[3.1434 5.2936]	247.3203	[3.5000 4.4829]	224.3421	%9.290

Tablo2 incelendiğinde ilk oluşturulan popülasyonda transformatör ağırlığı yaklaşık olarak 275-230 kg arasında



değiştirdiği ve bireylerin popülasyon uygunluk değerlerinin ortalaması alındığında transformatörün ağırlığı 251.5975 kg civarında olduğu, son popülasyonda ise transformatör ağırlığı 225-223 kg arasında değiştiği ve uygunluk değer ortalaması 223.9701kg olduğu belirlenmiştir. Bu iki değer baz alındığında transformatörün ilk ağırlık değeri ile son ağırlık değeri arasında yaklaşık % 11'lik bir azalma olduğu saptanmıştır. Bu değer tatmin edici bir değerdir.

Algoritma tarafından üretilen her popülasyon incelenmiştir. Her iterasyon sonucunda popülasyon ki en iyi uygunluk değerine sahip ateş böceği baz alınmıştır. Her iterasyon sonucu ateş böceğinin sahip olduğu en iyi uygunluk değeri Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8. Her iterasyon sonucunda bulunan en iyi uygunluk değeri

Her bir iterasyon sonunda bulunan en iyi değer incelendiğinde ilk oluşturulan popülasyonda ki en iyi değer yani en düşük transformatör ağırlığı 242 kg iken son oluşturulan popülasyondaki en iyi değer 224 kg olarak gözlemlenmiştir.

Ateş böceği algoritmasında kullanılan bazı parametrelerin değerleri Tablo 3'de yer almaktadır.

Tablo 3: Ateş böceği algoritması parametre değerleri

Parametre	Değer
Ateş böceğinin incelendiği boyut değeri	2
Minimum değer aralıkları	[ 2.2 4]
Maksimum değer aralıkları	[ 3.5 6]
Maksimum iterasyon sayısı	10
Popülasyondaki birey sayısı	10
Havanın emilim katsayısı	1
Çekiciliğin $r=0$ daki değeri	1
Rastlantı değişkeni	0.2

Tablo 3'teki değerler, kullanılan parametrelerin sayısı ve bu parametrelerin değer aralığına göre belirlenmiştir. Havanın

emilim katsayısı, çekicilik ve rastlantı değişkeni değerleri sabit olarak alınmıştır[22].

Tablo 3'de ki değerlere göre elde edilen sonuçlar Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4: Ateş böceği algoritması sonucu elde edilen değerler

Değişken	Sembol	Değer
Demir kesiti uygunluk faktörü	C	4.4553 ( $cm^2joule^{-\frac{1}{2}}$ )
Sargılardaki akım yoğunluğu	s	3.5000 ( $A/cm^2$ )
Demir çekirdeğin çapı	D	12.3685 cm
Üst gerilim sargısı bakır ağırlığı	$G_{cu1}$	30.835 kg
Alt gerilim sargısı bakır ağırlığı	$G_{cu2}$	2.7374 kg
Toplam boyunduruk ağırlığı	$G_{fej}$	72.0815 kg
Her üç bacağın ağırlığı	$G_{feb}$	118.7317 kg
Toplam ağırlığı	$G_{top}$	224.3866 kg
Verim		97

Yapılan çalışmada bulunan değerler, daha önce genetik algoritma ile yağlı tip transformatörün maliyet optimizasyonu [16] çalışması sonucu elde edilen değerler ile kıyaslanmıştır. Elde edilen veri sonuçları Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5: GA ile FA ile bulunan değerler

	GA	FA
<b>Amaç</b>	Maliyet optimizasyonu	Ağırlık Optimizasyonu
<b>Görünür gücü</b>	100 Kva	50 Kva
<b>Elde edilen (s) değeri</b>	3.5	3.5000
<b>Elde edilen (C) değeri</b>	4.063	4.4553
<b>Verim</b>	%97.35	%97
<b>Ağırlıktaki azalış miktarı(%)</b>	% 10	% 11

Tablo 5'te yer alan GA ile yapılan çalışmada rastgele mutasyon değerleri yansıtılmıştır. Her iki çalışmada yağlı tip transformatör kullanılmıştır. Kullanılan transformatörlerin görünür gücü farklı olarak seçilmiştir. Görünür güçteki farklılık göz önünde bulundurularak genetik algoritma ile ateş böceği algoritmalarının optimizasyon işlemleri, bu işlemler aşamasında ele alınan parametre değerleri, algoritma karışıklığına göre karşılaştırılma yapılmıştır.

Ateş böceği algoritması ile elde edilen ağırlık azalış miktarının genetik algoritmaya göre daha fazla olduğu görülmektedir. Genetik algoritma ile yapılan çalışmada iki mutasyon değeri kullanılmıştır. Bu mutasyon değerlerine göre farklı değerler elde edilip değerlendirilmiştir. Bununla beraber genetik algoritma çalışmasında rastgele ve sınırlı mutasyon işlemlerinde farklı nesil sayıları belirlenmiştir. Bu nesil sayıları rastgele mutasyonda 300 olarak belirlenirken sınırlı mutasyonda 600 olarak belirlenmiştir. Bu nesil sayıları belirlenirken ağırlıktaki değişim değerinin miktarı göz önünde bulundurulmuştur. Sonuçlar her bir nesil sayısında 300 defa çalıştırılmış olup sonuçlar elde edilmiştir.

Ateş böceği algoritmasında önemli olan amaç fonksiyonun hangi değişkenlere bağlı olduğunu saptamak ve ateş böceklerinin konumlarını belirleyecek olan değişken sayısını belirlemektir. Ateş böceği algoritması farklı işlemlere( rastgele ve sınırlı mutasyon işlemleri) gerek duyulmadığından ve tek durum üzerinden değerlendirilmesinden dolayı genetik algoritmaya göre daha sade ve basit bir yapıdadır. Ateş böceği algoritması çalışmasında iterasyon sayısı ve popülasyon sayısı 10 olarak belirlenmiş ve 200 defa çalıştırılıp sonuçlar elde edilmiştir. Genetik algoritma çalışması ile kıyaslandığında bu verilerin daha düşük olduğu görülmektedir. Böylelikle ateş böceği algoritması ile daha az popülasyon sayısı, iterasyon sayısı ve simülasyonu çalıştırma sayısı sonucu verimli sonuçların daha kısa sürede elde edilebileceği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda ateş böceği algoritmasının genetik algoritmaya göre daha avantajlı olduğu kanısına varılmıştır.

Literatürde yağlı tip transformatörün ağırlık optimizasyonuna dair yapılan çalışmalar ve toplam ağırlık miktarındaki azalış miktarı Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: Yağlı tip transformatör ağırlık optimizasyonları

Çalışmalar	Optimizasyon Tekniği	Optimize Edilen Parametreler	Ağırlıkta ki azalış miktarı
Çelebi (2008)	GA	Akım yoğunluğu, demir kesit uygunluk faktörü	%10
Zile (2019)	FA-Karınca Koloni Algoritması(Hibrit Algoritma)	Transformatör tankımı oluşturan birleşenler	%5-%15

Ateş böceği Algoritması ile yağlı tip transformatör optimizasyonu	FA	Akım yoğunluğu, demir kesit uygunluk faktörü	%11
---	----	--	-----

Çalışmalar değerlendirildiğinde ateş böceği algoritmasının yapılan bu çalışmada problemin optimize edilmesinde uygun ve avantajlı bir algoritma olduğu ve ağırlık miktarındaki azalış miktarının makul miktarda olduğu belirlenmiştir. .

## Tartışma

Bu çalışmada yağlı tip transformatörün akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörü parametrelerinin en uygun değerlerde seçilerek transformatörün ağırlığı ve buna bağlı olarak maliyeti optimize edilmeye çalışılmıştır. Literatürde her ne kadar transformatör ağırlığı, verimi, maliyeti, hacmi optimize edilmesine yönelik çalışmalar yapılmış olsa da doğrudan ateş böceği algoritması ile yağlı tip transformatörün ağırlık optimizasyonu çalışmaları mevcut değildir.

## Sonuç ve Öneriler

Çalışmada yağlı tip transformatörün ağırlık problemi optimize edilmiş ve transformatör ağırlığı düşürülmüştür.

Optimizasyon ateş böceği algoritması ile MATLAB platformunda gerçekleştirilmiştir. Algoritma parametreleri olarak popülasyon sayısı 10, iterasyon sayısı 10 olarak belirlenmiş olup mevcut simülasyon kodu 200 defa tekrarlanmıştır. Belirlenen popülasyon sayısı kadar birey oluşturulmuş ve iterasyon sayısına göre bireylerin, ilk oluşturulan popülasyondan son oluşturulan popülasyona kadar ki yönelimleri gözlemlenmiş bu gözleme dayalı olarak akım yoğunluğu ve demir kesit uygunluk faktörü parametrelerinin en uygun değeri saptanmaya çalışılmıştır.

Tasarım optimizasyonunda her iterasyon sonrası oluşturulan yeni ateş böceği bireylerinin uygunluk değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden ilk oluşturulan popülasyondaki ateş böceklerinin ile son oluşturulan popülasyondaki bireylerin konumları ve uygunluk değerleri göz önünde bulundurularak karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda akım yoğunluğu, ortalama olarak  $3.50 A/cm^2$ , demir kesit uygunluk faktörü ise  $4.45-4.46 cm^2joule^{-\frac{1}{2}}$  değerleri alındığında transformatör ağırlığının en optimal değerde olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, her popülasyondaki ateş böceğinin sahip olduğu uygunluk değerine göre transformatör ağırlığı incelenmiş ilk ve son oluşturulan değerlere göre %11'lik civarında bir azalma elde edilmiştir. Transformatörün ağırlığı ve maliyeti arasındaki doğru orantı göz önünde bulundurularak bu azalma miktarının transformatörün maliyetini de aynı oranda azaltacağı kanısına varılmıştır. Bu da ateş böceği algoritmasının transformatör tasarımında gerek ağırlık gerekse maliyet ve verim optimizasyonunda etkin olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

İlerdeki çalışmalar, FA ile trafo tasarımında farklı değerler (verim, ağırlık, kayıplar vs.) optimize edilebilir. Bu çalışmanın devamı niteliğinde olabilecek bir çalışmada FA parametreleri (popülasyon ve iterasyon sayısı, rastgelelik değişken oranı vs.) farklı değerlerde denenerek trafo verimi, maliyeti ve ağırlığında ne gibi değişiklikler oluşturduğu incelenebilir. Bununla beraber geliştirilen ateş böcekleri algoritmaları, değiştirilmiş ateş böceği optimizasyon algoritması [13], kaotik ateş böceği algoritması optimizasyon algoritması gibi algoritmalar [14], yapılacak olan çalışmalarda tasarımı gerçekleştirilecek olan trafo veya diğer elektrik makinelerine uygulanarak elde edilecek olan değerler ile normal FA algoritması sonucu elde edilen değerler kıyaslanarak algoritmanın avantajlar ve dezavantajlar incelenebilir.

### Etik Standartlar Beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

### Çıkar çatışması

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Kaynaklar

- [1] Erdoğmuş P., " Doğadan Esinlenen Optimizasyon Algoritmaları ve Optimizasyon Algoritmalarının Optimizasyonu" Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2016, 4, 290-304.
- [2] Çelebi M., " Genetik Algoritma ile Kuru bir Trafonun Maliyet Optimizasyonu" ELECO, 2008, 189-193.
- [3] Mutluer M., Bilgin O., " Application of Genetic Algorithm in Design Optimization of a Permanent Magnet Synchronous Motor" Batman University International Participated Science and Culture Symposiom, 2012, 1(2), 233-239.
- [4] Yenipınar B., Yılmaz C., Işık M.F, " Asenkron Motorlarda Rotor Oluğunun Farklı Optimizasyon Yöntemleri ile Optimizasyonun Gerçekleştirilmesi ve Performansa Etkilerinin İncelenmesi", Politeknik Dergisi , 2018, 21(1), 1-6.
- [5] Demirdelen T., " Kuru Tip Transformatör Optimizasyonuna Yeni Bir Yaklaşım: Ateş Böceği Algoritması", Çukurova Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2018, 33(1), 87-96.
- [6] Tosun S., Öztürk A., Demir H., Kuru, L.,"Kuru Tip Transformatörün Tabu Arama Algoritması Yöntemi ile Ağırlık Optimizasyonu" İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 2012, 1(1), 17-26.
- [7] Alcan Y., Öztürk A., Özmen, Ö., "Yer Çekimsel Arama Algoritması İle Değişik Çalışma Koşulları İçin Transformatör Verim Optimizasyonu" Akademik Platform, 2014, 1-10.
- [8] Senthilkumar S., Karthick A., Madavan R., Arul Marcel Moshi A., Sundara Bharathi R., Soroja S., Sowmya Dhanalakshmi C., "Optimization of transformer oil blended with natural ester oils using Taguchi-based grey relational analysis", FUEL, 2021 . "www.elsevier.com/locate/fuel"
- [9] Demirdelen T., " New Heuristic Approach for Valume Calculation of Oil-Type Power Transformers: Firefly Algorithm" Majlesi Journal of Mechatronic Systems, 2018, 7(4), 41-46.
- [10] Kul S., Celtek S.A, Iskender.I, "Metaheuristic Algorithms Based Approaches for Efficiency Analysis of Three-Phase Dry-Type Transformers", Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2021, 9(4), 889-903.
- [11] Alhan L., "Dağıtım Transformatörlerinin Meta Sezgisel Algoritmalarla Tasarım Optimizasyonu",Doktora Tezi, Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2017.
- [12] Zile M., " Optimal Desing of Power Transformer Tank Using Ant/Firefly Hybrit Heuristic Algorithm" Turkish Journal of Engineering(TUJE), 2020, 4(1), 17-22.
- [13] Aydılek İ., " Değiştirilmiş Ateş Böceği Optimizasyon Algoritması ile Kural Tabanlı Çoklu Sınıflama Yapılması" Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 2017, 32(4), 1097-1107.
- [14] Pamuk N., " Kaotik Ateş Böceği Optimizasyon Algoritması Kullanılarak Termik Güç Santralleri Etkisindeki Ekonomik Yük Dağılımı Problemlerinin Çözümü" Pamuk/ Kırklareli Univesity Journal of Engineering and Science, 2016, 2, 38-59
- [15] Esenboğa B., Demirdelen T., "Efficiency and Cost Based Multi-Optimization and Thermal /Electromagnetic Analyses of 3-Phase Dry Type Transformer", IETE Journal of Research, https://doi.org/10.1080/03772063.2020.1732841, 2020.
- [16] Çelebi M., " Genetik Algoritma ile Yağlı Bir Trafonun Maliyet Optimizasyonu" Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2007, 3(1), 41-48.
- [17] Aksu İ.Ö, Demirdelen T.,"A Comprehensive Study on the Dry Type Transformer Design with Swarm -Based Metaheuristic Optimization Methods for Industrial Application", Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 2018, 40(14),1743- 1752.
- [18] Wang T., Liu J.,Wang Y., Hui L.,"Optimization of Structural Parameters for a New-Type Magnetic Integration Structure CRT Considering Loss and Cost", IEEE Access, 2020, vol.8, 68525-68532.
- [19] Abdelwanis M.I., Abaza A., El-sehiemy R.A, Ibrahim M.N, Rezk A. "Parameter Estimation of Electric Power Transformers Using Coyote Optimization Algorithm with Experimental Verification" IEEE Access, 2020, vol. 8, 50037-50045.
- [20] Demirdelen T., Optimal Design and Experimental Validtation Long-Lasting , Low-Loss Transformer for Low Power Renewable Energy System" Energy

- Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 2019, 41(20),2534- 2548.
- [21] Bodurođlu T, "Transformatörler Cilt 1" İstanbul, Beta Basım, 1952, 23-145
- [22] Yang X.S, " Firefly Algorithm", Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms, United Kingdom, Luniver Press ,2010, 50-66.  
www.luniver.com
- [23] Özsaglam M.Y, Çunkaş M., " Optimizasyon Problemlerinin Çözümü için Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması", Politeknik Dergisi, 2008, 11(4), 299-305
- [24] Yang X.S and He H., "Firefly Algorithm:Recent Advances and Applications",Int.Swarm Intelligence, 2013,Vol. 1, No. 1, pp. 36-50. DOI: 10.1504/IJSI.2013.055801
- [25] Tören M., Çelebi M., " Weight Comparison of Oil and Dry Type Distribution Transformers", International Journal of Electrical and Computer Engineering, 2016, 10(7), 942-947.