

## **BİYOCAĞRAFYA TABANLI OPTİMİZASYON METODU KULLANARAK ASENKRON MOTOR PARAMETRE TAHMİNİ**

Bilal SARAÇOĞLU, Uğur GÜVENÇ, Mustafa DURSUN, Gökhan POYRAZ, Serhat DUMAN\*

Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, 81620, Düzce, TÜRKİYE

**Özet-**Bu çalışmada, Asenkron Motorların (ASM) elektriksel eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesi Biyocoğrafya Tabanlı Optimizasyon (Biogeography-Based Optimization) (BBO) ile gerçekleştirilmiştir. BBO yöntemiyle asenkron motor elektriksel eşdeğer devre parametrelerinin hızlı ve en düşük hatayla belirlenmesini amaçlanmıştır. BBO, genetik algoritmalar gibi popülasyon tabanlı bir algoritma olup, aynı anda birçok noktadan araştırma yapabilmektedir. Algoritmalarda amaç fonksiyonu olarak, asenkron motorların nominal moment, kalkınma moment ve devrilme moment denklemleri kullanılmıştır. Eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesi 1.1kW ve 0.37kW gücünde iki asenkron motor üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Genetik Algoritmanın (GA) sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler-**Biyocoğrafya Tabanlı Optimizasyon, asenkron motor, optimizasyon.

## **ESTIMATION OF THE INDUCTION MOTOR PARAMETERS USING BIOGEOGRAPHY BASED OPTIMIZATION METHOD**

**Abstract-**In this study, the determination of the electrical equivalent circuit parameters induction motors (IM) was carried out via Biogeography-Based Optimization (BBO). As an objective function in the algorithm, the equations of full-load torque, startup torque and breakdown torque of induction motors were used. The determination of the equivalent circuit parameters was performed with three different induction motors. Determination of the equivalent circuit parameters was performed for the induction motors which are 1.1kW and 0.37kW. The obtained results from the proposed approach are compared to obtained results from the Genetic Algorithm (GA).

**Keywords-**Biogeography-Based Optimization (BBO) algorithm, induction motor, optimization.

---

\* [serhatduman@duzce.edu.tr](mailto:serhatduman@duzce.edu.tr)

## **1. GİRİŞ (INTRODUCTION)**

Elektrik motorları içerisinde sincap kafesli asenkron motorlar, yapılarının basit ve sağlam olmaları, bakıma az ihtiyaç duymaları, arıza yapmamaları, maliyetlerinin düşük olması ve verimlerinin yüksek olması sebebiyle endüstride en çok kullanılan motorlardır. Asenkron motorlar doğrudan şebeke gerilimiyle çalıştırılabilirliklerinden, yük altında hızları sabit kalmalarından dolayı da endüstriyel uygulamalarda tercih edilen motorlardandır. Ayrıca, asenkron motorların devir sayılarının ve konum kontrollerinin kolaylıkla yapılabilmesi, günümüzdeki endüstriyel-teknolojik gelişmelere paralel olarak, bu motorları diğer endüstriyel motorlar karşısında avantajlı hale getirmiştir. Asenkron motor elektriksel eşdeğer devre parametrelerinin doğru ve hassas belirlenmesi, asenkron motorların devir sayısı, konum kontrolleri ve optimizasyon çalışmalarında önem arz etmektedir. Asenkron motorların eşdeğer devre parametrelerinin en düşük hatayla belirlenmesi, doğrusal olmayan dinamik yapılarından dolayı zor bir problemdir. Ancak, endüstriyel uygulamalar açısından asenkron motor parametre değerlerinin hızlı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Asenkron motor parametrelerinin hassas bir şekilde belirlenmesi genellikle; stator giriş gerilimi, stator akımı ve giriş gücü gibi giriş büyüklüklerinin veya rotor dönme hızı ve motor momenti gibi çıkış büyüklüklerinin kullanıldığı optimizasyon metotlarına bağlıdır.

Son yıllarda, asenkron motorların elektriksel eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalar artmıştır. Doğrusal olmayan ve çok değişkenli bir problem olan eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesinde yapay zeka teknikleri çok kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerden bazıları genetik algoritmalar, diferansiyel evrim algoritması, parçacık sürü optimizasyon algoritması vb. olarak sıralanabilir. Yapay zeka teknikleri, elektrik makinelerinin optimizasyon ve parametrelerinin belirlenmesi çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu teknikler sezgisel metotlar olarak bilinir ve en iyiyi seçmek için tüm farklı durumları üretmeyebilir. Bu sebeple mükemmel çözüme ulaşamayabilir. Endüstriyel uygulamalar da daha hassas sonuçlara hızlı bir şekilde ulaşılmasının gerekliliğinden dolayı, eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesinde yüksek yakınsama hassasiyetine sahip farklı metotlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Pillay ve ark., asenkron motor parametrelerinin belirlenmesinde genetik algoritmaları kullanmışlardır. Asenkron motor parametrelerini hesaplamak ve değerlendirmek için, mevcut motorun nominal çalışma, devrilme (maksimum) ve kalkınma moment denklemlerini amaç fonksiyonu olarak almışlar ve uygunluk fonksiyonunu buna göre düzenlemişlerdir. Ayrıca, asenkron motor parametrelerinin belirlenmesinde genetik algoritmaları Newton-Raphson optimizasyon metoduyla karşılaştırmışlardır [1]. Pillay ve ark., asenkron motor verimlerinin belirlenmesinde uygulanan, motor etiket verilerinden verimin elde edilmesi yerine, yeni bir metot olarak genetik algoritmaya dayalı bir yöntem gerçekleştirmişlerdir [2]. Nangsue ve ark., asenkron motor parametrelerinin belirlenmesinde evrimsel algoritmaların uygulanabilirliğini göstermişlerdir. Genetik algoritmanın ve genetik programlamanın temel kavramlarını incelemişler ve asenkron motor eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesinde genetik algoritma ve genetik programlama metotlarını kullanmışlardır. Bu algoritmaları üç farklı asenkron motor için uygulamışlardır ve ayrıca genetik algoritmanın ve genetik programlamanın asenkron motor koruması ve motorun geçici/kalkınma çalışma durumunda da kullanılabileceğini göstermişlerdir [3]. Bajrektarevic E., çalışmasında, asenkron motorların elektriksel parametrelerinin belirlenmesinde genetik algoritmayı kullanmıştır. Elektrik parametrelerini hesaplamak için kullanılan değişkenler, ölçülen stator akımları, stator gerilim ve rotor hızıdır. Parametreler Data Acquisition System ve LabVIEW Software kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmalar 7.5 hp'lik bir asenkron motorda gerçekleştirilmiştir. Genetik algoritma kullanılarak elde edilen elektriksel parametreler deneysel olarak elde edilen parametrelerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlara bağlı olarak, bu metodun çeşitli asenkron motor parametre belirleme problemlerine uygulanabilirliği gösterilmiştir [4]. Weatherford ve Brice,

laboratuvarında test edilebilen düşük güçlü indüksiyon motorların parametrelerinin belirlenmesini genetik algoritmalarla gerçekleştirmişlerdir. İndüksiyon motorun, akım, gerilim ve moment gibi değerlerinden hareketle diğer parametrelerin bulunmasını sağlamışlardır. Motor parametrelerinin bulunmasında genetik algoritmaların etkili bir çözüm metodu olduğunu göstermişlerdir. Motor optimizasyon çalışmalarını tek rotor çubuklu ve çift rotor çubuklu motor üzerinde yapmışlardır [5]. Çunkaş, genetik algoritmalarla üç fazlı asenkron motorun tasarım optimizasyonunu gerçekleştirmiştir. Asenkron motorun performans özelliklerini iyileştirerek motorun mevcut ağırlığını düşürüldüğünü göstermiştir. Uygulama örneğiyle, elektrik makinelerinin tasarım optimizasyonunda genetik algoritmaların etkinliğini ANSYS magnetik analiz programı yardımıyla doğrulamıştır [6]. Koyuncu, çalışmasında, ilk olarak bir yapay zeka optimizasyon algoritması olan diferansiyel evrim algoritmasının bütün programlama dillerine uygulanabilecek basitlikte bir örneğini vermiş ve bir yazılım geliştirmiştir [7]. Rahimpour ve ark. (2006), çalışmalarında rotoru çift çubuklu indüksiyon motorların önerilen modelleri içinde, iki boyutlu teoriye dayanan bir model tartışılmış ve geliştirilmiştir. Modelin doğruluğu, gerçekliği ve tanımlanan parametreleri bir 5.5 kw,380 V, 50 Hz, 1450 rpm çift kafesli rotorlu indüksiyon motor yardımıyla araştırılmıştır [8]. Keskintürk, diferansiyel evrim algoritmasının temel prensiplerini açıklamıştır. Operatörlerin her bir birey için birlikte kullanılması, özel bir seçim yöntemi gerektirmemesi gibi nedenlerle genetik algoritmadan daha basit bir yapıya sahip olduğunu belirtmiştir [9]. Mutluer ve ark., asenkron motor parametrelerinin belirlenmesinde geliştirdikleri bir hibrid genetik algoritmayı kullanmışlardır. Asenkron motor parametrelerini belirlemek için, asenkron motorun nominal çalışma, devrilme ve kalkınma moment denklemlerini amaç fonksiyonu olarak kullanmışlar ve uygunluk fonksiyonunu buna göre elde etmişlerdir. Bununla birlikte, asenkron motor parametrelerinin belirlenmesinde klasik genetik algoritmayı ve geliştirdikleri hibrid genetik algoritmayı sonuçları itibariyle karşılaştırmışlar ve hibrid genetik algoritmanın asenkron motor parametrelerinin belirlenmesinde üstün performansa sahip olduğunu göstermişlerdir [10].

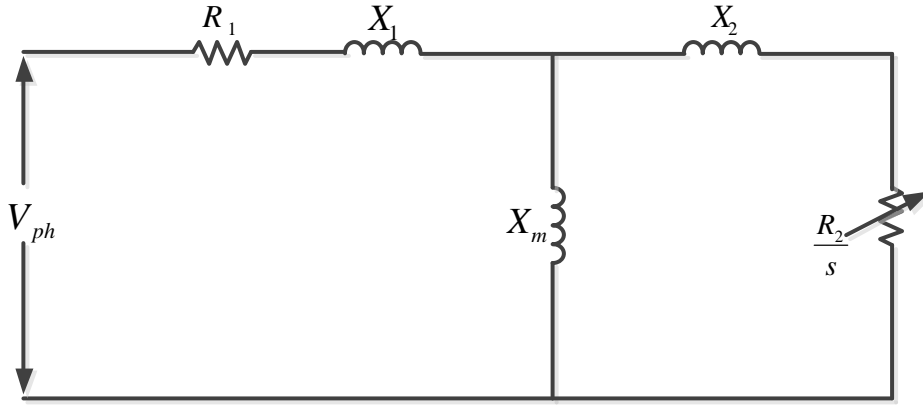
Bu çalışmada, Biyocoğrafya tabanlı optimizasyon (BBO) algoritması asenkron motor eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesinde kullanılacaktır. Algoritmada amaç fonksiyonu olarak, asenkron motorların tam yük moment, kalkınma moment ve devrilme moment denklemleri kullanılacaktır. Eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesi iki farklı asenkron motor üzerinde gerçekleştirilecektir. Böylece, BBO yöntemiyle asenkron motor elektriksel eşdeğer devre parametrelerinin hızlı ve en düşük hatayla belirlenmesini sağlamak amaçlanmaktadır. BBO, genetik algoritmalar gibi popülasyon tabanlı bir algoritma olup, aynı anda birçok noktadan araştırma yapabildiğinden dolayı BBO algoritmasının, asenkron motorların optimizasyonu ve konum kontrolleri gibi endüstriyel uygulamalarda kullanılması ile endüstrideki mevcut çalışmalara göre daha verimli olacağı düşünülmektedir.

## **2. PROBLEMİN TANIMLANMASI (DEFINING OF THE PROBLEM)**

Asenkron motorlarda üç değişik devre modeli kullanılarak modellenilebilir. Bunlar yaklaşık devre modeli, tam devre modeli ve derin çubuk devre modelidir. Çalışmamızda parametre tahmini olarak tam devre modeli ve en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Amaç, üretici verileri ve tahmin edilen veriler arasındaki oranın minimum olmasını sağlamaktır.

### **2.1. Tam Devre Modeli (Exact Circuit Model)**

Formüllerde stator direnci, rotor direnci, stator kaçak reaktansı, rotor kaçak reaktansı ve mıknatıslenme kaçak reaktansı parametrelerini tahmin etmek için nominal moment, kalkınma moment ve devrilme moment kullanılmaktadır. Şekil 1'de asenkron motorun kalıcı durum çalışmadaki eşitlik devresini göstermektedir. Matematiksel formüller Eş.1-8'de gösterilmektedir [11].



Şekil 1. Asenkron motor tam devre modeli (Exact circuit model of the induction motor) [11].

$$F = f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 \quad (1)$$

Burada;

$$f_1 = \frac{\frac{K_t R_2}{s \left[ \left( R_{th} + \frac{R_2}{s} \right)^2 + X^2 \right]} - T_{ty}}{T_{ty}} \quad (2)$$

$$f_2 = \frac{\frac{K_t R_2}{(R_{th} + R_2)^2 + X^2} - T_{kr}}{T_{kr}} \quad (3)$$

$$f_3 = \frac{\frac{K_t}{2(R_{th} + \sqrt{R_{th}^2 + X^2})} - T_{maks}}{T_{maks}} \quad (4)$$

$$V_{th} = \frac{V_{ph} X_m}{X_1 + X_m}, R_{th} = \frac{R_1 X_m}{X_1 + X_m}, X_{th} = \frac{X_1 X_m}{X_1 + X_m} \quad (5)$$

$$K_t = \frac{3V_{th}^2}{\omega_s}, X = X_2 + X_{th} \quad (6)$$

Minimum, maksimum parametre sınırları ve maksimum tork kısıtı Eş. 7 ve 8'de gösterilmektedir [11].

$$X_{i,\min} \leq X_i \leq X_{i,\max} \quad (7)$$

$$\frac{T_{maks}(T) - T_{maks}(F)}{T_{maks}(F)} \leq \pm 0.2 \quad (8)$$

Burada  $T_{maks}(T)$  tahmin edilen maksimum moment,  $T_{maks}(F)$  maksimum moment değerinin fabrikasyon değerini göstermektedir.

### 3. BİCOĞRAFYA TABANLI OPTİMİZASYON (BIOGEOGRAPHY BASED OPTIMIZATION)

BBO 2008 yılında Dan Simon tarafından geliştirilen yeni bir biyo-ilham ve popülasyon tabanlı optimizasyon tekniğidir ve Robert MacArthur ve Edward Wilson [12] tarafından biyocoğrafya'nın matematiksel modellerinden esinlenilmiştir. BBO uçak motoru durum tahmini için ve genel kriter fonksiyonları için sensör seçimi problemine uygulanmıştır [13]. Bu algoritma dikdörtgen mikroşerit yama antenin rezonans frekansının hesaplanması, güç sistemleri analizi, standart güç akış problemi gibi optimizasyon problemlerini çözmeye yeteneğini ispatlamıştır [14-15]. Biyocoğrafya doğada ki türlerin dağılımının bir çalışmasıdır. Her olası çözüm bir adadır ve uygunluk endeksi değişkenleri (SIV) adı verilen yaşanabilirliği karakterize eden özelliklere sahiptir. Her çözümün özüne kendi yaşam uygunluğu endeksi denir (HIS) [13]. BBO'da, bir yaşam ortamı  $H_i$ , rastgele başlatılan  $N$ 'nin (SIVs) bir vektörüdür ve daha sonra hedefe ulaşmak için asgari göç ve mutasyon adımını takip eder. Göçte ki bilgi her çözümün göç oranları  $\mu$  ve göçmenlik oranları  $\lambda$ 'ya bağlı olan yaşam ortamları arasında paylaşılır. Her çözüm, kullanıcı tanımlı bir parametre olan  $P_{mod}$  olasılığına bağlı olarak değiştirilir. Her bir bireyde  $\lambda$  ve  $\mu$  vardır ve doğal ortam içinde  $K$  türlerinin sayısının bir fonksiyonu olup Eş. 9 ve 10 ile ifade edilir [13].

$$\lambda_k = \frac{EK}{P} \quad (9)$$

$$\mu_k = I \left( 1 - \frac{K}{P} \right) \quad (10)$$

E: Maksimum  $\lambda$

I: Maksimum  $\mu$

P: Popülasyon boyutunu göstermektedir.

Göçmenlik ve göç eğrileri E: I durumu için düz çizgilerdir. Daha çok tür ile yaşam ortamı (yüksek HIS, iyi çözüm) yüksek  $\mu$  ve düşük  $\lambda$ 'ya sahipken, birkaç tür ile yaşam ortamı (düşük HIS, zayıf çözüm) düşük  $\mu$  ve yüksek  $\lambda$ 'ya sahiptir. Zayıf çözümler algoritma sömürü yeteneğini geliştiren iyi çözümden daha yararlı bilgileri kabul eder. Göç algoritması aşağıdaki gibi açıklanmıştır [13].

$\alpha, \lambda_i$  olasılığı ile  $H_i$  seçilir

If  $H_i$

For  $j = 1$  to  $P$

$\alpha, \mu_i$  olasılığı ile  $H_j$  seçilir

If  $H_j$

$H_j$ 'den SIV için rastgele bir  $\sigma$  seç

$\sigma$  ile  $H_i$  de rastgele bir SIV'ı değiştir

end if

end for

end if

$$m(s) = pmutate \left( 1 - \frac{P_i}{P_{max}} \right) \quad (11)$$

BBO da, mutasyon iyi çözümler elde etmek için popülasyonun çeşitliliğini artırmak için kullanılır. Mutasyon operatörü E: I durumu için  $m$  tabanlı mutasyon oranı ile rastgele bir yaşam kullanıcısının SIV'ını değiştirir. Mutasyon oranı  $m$  aşağıdaki gibi ifade edilir [13].

Burada,  $p_{mutate}$  kullanıcı tanımlı bir parametredir ve  $p_{max} = \text{argmax } P_i, i = 1, \dots, p$ .

Mutasyon algoritması aşağıdaki gibi tanımlanır [13].

```

For j = 1 to N
Pi olasılığını hesaplamak için  $\lambda_i$  ve  $\mu_i$  kullan
 $\alpha$  Pi olasılığı ile SIV  $H_i(j)$  seçilir
If  $H_i(j)$ 
Rastgele üretilen SIV ile  $H_i(j)$ 'yi yer değiştir
end if
end for
    
```

BBO Algoritması aşağıdaki gibi tanımlanır:

Başlangıç Parametreleri:

P: Popülasyon boyutu

G: Maksimum nesil sayısı

Keep: Elitizm parametresi

$P_{mod}$ : Ada modifikasyon olasılığı

Adım 1: Olası her bir yaşam türünün sayısı ve rastgele bir başlangıç popülasyonu sayısı.

Adım 2: Popülasyondaki her bir birey için uygunluğu denetleyin.

Adım 3: Sonlandırma kriteri karşılanmazsa (While)

Adım 4: Geçici bir dizideki en iyi yaşamı kaydet.

Adım 5: Her bir yaşam için, S,  $\lambda$  ve  $\mu$  türlerinin sayısını HSI ile eşleştir.

Adım 6: Göç oranlarına dayanarak olasılıksal bir göçmen adası seçin

Adım 7: 6. adımda seçilen adaya dayalı rastgele seçilen SIV'ları göç ettirin.

Adım 8: Her mutasyon algoritması başına düşen popülasyonun en kötü yarısını değiştirin.

Adım 9: Popülasyondaki her bir birey için uygunluğu denetleyin.

Adım 10: En iyiden en kötüye popülasyonu sıralayın.

Adım 11:  $G = G + 1$

Adım 12: end while

#### 4.BBO METODU İLE ASENKRON MOTOR PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ (DETERMINATION OF THE INDUCTION MOTOR PARAMETERS WITH BBO METHOD)

Algoritmalarda amaç fonksiyonu olarak Eş. 2-4'de belirtilen asenkron motorların tam yük momenti, kalkınma momenti ve devrilme momenti denklemleri kullanılacaktır. BBO uygunluk fonksiyonu moment hata fonksiyonlarının karelerinin toplamıdır. Algoritmaların amacı hata değerini dolayısıyla uygunluğu minimum yapmaktır. Uygunluk fonksiyonu Eş. 12'de gösterilmiştir.

$$F = F_1 \left( \frac{\left( \frac{K_t R_2}{s \left[ \left( R_{th} + \frac{R_2}{s} \right)^2 + X^2 \right]} - T_{ty} \right)^2}{T_{ty}} \right) + F_2 \left( \frac{\left( \frac{K_t R_2}{(R_{th} + R_2)^2 + X^2} - T_{kr} \right)^2}{T_{kr}} \right) + F_3 \left( \frac{\left( \frac{K_t}{2 \left[ R_{th} + \sqrt{R_{th}^2 + X^2} \right]} - T_{maks} \right)^2}{T_{maks}} \right) \quad (12)$$

$T_{ty}$  : Tam yük torku

:::Biyocğrafya Tabanlı Optimizasyon Metodu Kullanarak Asenkron Motor Parametre Tahmini:::

- $T_{kr}$  : Kilitli rotor torku  
 $T_{maks}$  : Maksimum tork  
 $F_1$  : Tam yük torkundaki hata değeri  
 $F_2$  : Kilitli rotor torkundaki hata değeri  
 $F_3$  : Maksimum torktaki hata değeri  
 $R_{th}$  : Thevenin eşdeğer direnci  
 $R_2$  : Rotor direncinin statora indirgenmiş şekli

Amaçlanan metot iki farklı motor için parametrelerinin belirlenmesi için kullanılmış olup BBO'dan elde edilen sonuçlar optimizasyon algoritmalarından biri olan Genetik Algoritmadan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Tablo 1'de test sisteminde kullanılan asenkron motorların üretim değerleri, benzetim sonuçları ise Tablo 2-4'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Motorlar için üretim değerleri (Manufacturer data for the induction motors)

Üretim Değerleri		
Özellikler	1. Motor	2. Motor
Anma gücü	$P_N = 1100$ W	$P_N = 370$ W
Anma gerilimi	$U_N = 400$ V	$U_N = 400$ V
Anma frekansı	$f = 50$ Hz	$f = 50$ Hz
Anma hızı	$n_n = 1380$ d/dak	$n_n = 1400$ d/dak
Kutup sayısı	$P = 4$	$P = 4$
Güç Katsayısı	$\cos \varphi = 0.81$	$\cos \varphi = 0.72$
Tam yük torku ( $T_{ty}$ )	7.6100 Nm	2.5400 Nm
Kilitli rotor torku ( $T_{kr}$ )	16.7420 Nm	5.5880 Nm
Maksimum tork ( $T_{maks}$ )	18.2640 Nm	6.3500 Nm

**Tablo 2.** Motor 1 için elde edilen sonuçlar (The obtained results for the Motor 1)

Motor 1					
Tork	Üretici Değerleri	BBO		GA	
		Tahmin Edilen	Hata (%)	Tahmin Edilen	Hata (%)
$T_{ty}$	7.6100	7.5160	-1.2352	7.4949	-1.5125
$T_{kr}$	16.7420	16.3359	-2.4256	16.2227	-3.1018
$T_{maks}$	18.2640	18.8934	3.4461	19.0833	4.4859

**Tablo 3.** Motor 2 için elde edilen sonuçlar (The obtained results for the Motor 2)

Motor 2					
Tork	Üretici Değerleri	BBO		GA	
		Tahmin Edilen	Hata (%)	Tahmin Edilen	Hata (%)
$T_{ty}$	2.5400	2.3491	-5.4764	2.4009	-7.5157
$T_{kr}$	5.5880	4.9987	-5.0036	5.3084	-10.5458
$T_{maks}$	6.3500	6.2009	4.6614	6.6460	-2.3480

**Tablo 4.** Motor 1 ve Motor 2 için optimize edilen parametre değerleri (The optimized values for the Motor 1 and Motor 2)

Parametre	Motor 1		Motor 2	
	BBO	GA	BBO	GA
$R_1$	7.8283	6.8249	71.2321	57.7046
$R_2$	7.7007	7.6231	62.8501	65.3753
$X_1$	5.4449	6.1176	59.5383	76.2629
$X_2$	7.8380	8.0353	71.4832	65.1697
$X_m$	135.6098	109.8423	661.4017	1079.6209

## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Biyocoğrafya tabanlı optimizasyon metodu ile iki farklı motor için parametre tahmini önerilmiştir.

Bu parametre tahmini problemi doğrusal olmayan bir optimizasyon problemi olarak modellenmiş olup amaçlanan yöntemin etkililiğini göstermek için elde edilen sonuçlar GA metodu ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre amaçlanan metotla yapılan benzetim sonuçlarında hata değerleri GA'dan daha az olarak bulunmuş olup amaçlanan metodun GA'ya nazaran iki farklı asenkron motorun parametrelerini tahmin etmede daha etkili olduğu görülmektedir. Sonuç olarak sezgisel algoritmalar böyle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde alternatif bir yöntem olabilmektedir.

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyonu Birimi tarafından desteklenen 2012.03.03.111 numaralı proje kapsamında yapılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Pillay P., Nolan R., Haque T., 1997, Application of genetic algorithms to motor parameter determination for transient torque calculations, IEEE Transactions on Industry Applications, 33 (5), 1273-1282.
- [2]. Pillay P., Levin V., Otaduy P., Kueck J., 1998, İn-Situ Induction motor efficiency determination using the genetic algorithm, IEEE Transactions on Energy Conversion, 13 (4), 326-333.
- [3]. Nangsue P., Pillay P., Corny S.E., 1999, Evolutionary algorithms for induction motor parameter determination, IEEE Transactions on Energy Conversion, 14 (3).
- [4]. Bajrektarevic E., 2002, Parameter identification of induction motor using a genetic algorithm“ Lane Department of Computer Science and Electrical Engineering, Morgantown, West Virginia.
- [5]. Weatherford H.H., Brice C.W., 2003, Estimation of induction motor parameters by a genetic algorithm, Pulp and Paper Industry Technical Conference, 21-28.
- [6]. Çunkaş M., 2004, Elektrik motorlarında genetik algoritma ile tasarım optimizasyonu, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [7]. Koyuncu C.A., 2006, Farksal gelişim algoritmasının incelenmesi ve işaret kestiriminde kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [8]. Rahimpour E., Rashtchi V., Pesaran M., 2006, Parameter identification of deep-bar induction motors using genetic algorithm, Springer-Verlag, July.
- [9]. Keskindürk T., 2006, Diferansiyel gelişim algoritması, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5 (9), 85-99.
- [10]. Mutluer M., Bilgin O., Çunkaş M., 2007, Parameter determination induction machines by using hybrid genetic algorithm, KES2007 11th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, 12-14 September.
- [11]. Sakthivel V. P., Bhuvaneshwari R., Subramanian S., 2010, Multi-objective parameter estimation of induction motor using particle swarm optimization, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 23, 302-312.
- [12]. MacArthur R. and Wilson E., 1967, The Theory of Biogeography, Princeton, NJ: Princeton Univ. Press.
- [13]. Simon D., 2008, Biogeography-Based Optimization, IEEE Trans. On Evol. Comput., 12 (6), 712-713.



- [14]. Lohokare M.R., Pattnaik S.S., Devi S., Bakwad K. M., Joshi J.G., 2009, Parameter calculation of rectangular microstrip antenna using biogeography-based optimization, IEEE Applied Electromagnetic Conference (AEMC2009), Kolkata, India, December14-16.
- [15]. Richard A.R., Simon D., Eugenio Villaseca F., Vyakaranam B, 2009, Biogeography-Based optimization and the solution of the power flow problem, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-2009, USA.