

Genetik Algoritma Kullanarak Ekonomik Dağıtım Analizi: Türkiye Uygulaması

M. Kenan DÖŞOĞLU, Serhat DUMAN, Ali ÖZTÜRK

ÖZET

Dünyada üretilen elektrik enerjisinin büyük bir kısmını karşılayan termik santrallerin çalışma maliyetinin minimize edilmesi önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte termik yakıtlı santrallerin minimum ve maksimum aktif güç değerleri arasında çalışması istenilmektedir. Bu çalışmada, genetik algoritma (GA) kullanarak Türkiye’de bulunan 380 KV, 14 bara ve 6 adet termik santrallerin ekonomik yük dağıtım (EYD) analizi yapılmıştır. Yapılan analizde, generatörlerin üretim kısıtlamaları, hat kayıpsız ve hat kayıplı durumları göz önünde bulundurularak sistemin toplam maliyetinin minimum olacak şekilde generatörlerin optimum çalışma koşulları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik dağıtım, genetik algoritma, optimizasyon

Economic Dispatch Analysis By Using Genetic Algorithm: Application In Turkey

ABSTARCT

Minimizing the operation cost of the thermal stations which produce most of the energy in the world is significant. Besides the thermal plants are expected to work between minimum and maximum active power values. In this study economic dispatch analysis of 6 thermal plant in Turkey in 380 kV, 14 bus have been conducted by using genetic algorithm (GA). In the analysis the production constraints of generators were considered with line loses and without line loses and the optimum operation conditions of generators were determined providing the minimum total cost of the system.

Keywords: Economic dispatch, genetic algorithm, optimization

1. GİRİŞ

Elektrik enerji sistemlerinin yapısı günümüzde enerji sektörünün özelleşmesi ve daha büyük bir enerji sistemine ihtiyacın getirdiği baskı nedeniyle büyümüş ve karmaşık hala gelmiştir. Özellikle enerji sektörünün özelleştirilmesi sonucu daha ekonomik olarak enerji sisteminin işletilmesi ve ucuz elektrik üretimi çok önemli konular olmuştur (1). Ayrıca enerji talebinin artması ve enerji kaynaklarının azalması nedeniyle ekonomik dağıtım önem kazanmıştır (2). Ekonomik dağıtımda generatörlerin yakıt maliyetlerine bağlı olarak ürettikleri güçler arasında en uygun değerlerin bulunması istenmektedir. Güç sistemlerinde ekonomik dağıtım problemlerinin çözülmesi için güvenilir, hızlı ve etkili optimizasyon algoritmaları kullanılmaktadır (3). Son yıllarda bu problemin çözümünde optimizasyon algoritmaları olarak sezgisel metotlar tercih edilmeye başlanmıştır. Alrashidi ve El-Hawary IEEE’nin 30 baralı güç sisteminde parçacık sürü optimizasyonu ve farklı yöntemlerle çevresel/ekonomik dağıtım problemini çözümlenmişlerdir (4). Altun ve Yalçınöz tabu araştırma algoritması, genetik algoritma ve hopfield si-

nir ağları ile 6 ve 20 generatörlü sistemlerde yakıt maliyeti incelemişlerdir (5). Türkay generatörlerin minimum maliyette beslenebilmesi genetik algoritma ile EYD problemini incelemiştir (6). Demirel ve Demirören örnek sistemde hat kayıplarını da düşünerek hopfield sinir ağı ve çoklu lagrange fonksiyonu kullanıp ekonomik dağıtım, çevresel ekonomik dağıtım ve ekonomik/çevresel dağıtım problemini incelemişlerdir (7). Bouzeboudja v.d IEEE’nin 25 baralı sisteminde gerçek kodlu genetik algoritmayı farklı yöntemlerle kullanarak ekonomik dağıtım problemi çözümlenmişlerdir (8). Abido IEEE’nin 30 baralı sisteminde doğrusal olmayan optimizasyon çözümlenmelerinde genetik algoritma, pareto genetik algoritma ve pareto evrim algoritması ile çevresel/ekonomik dağıtım yapmıştır (9). Farklı evrim algoritmaları kullanılarak ekonomik dağıtım problemlerinde performansları test edilmiştir (2). Wang ve Singh dört bölgeci güç sisteminde parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak ekonomik/çevresel dağıtım problemini incelemişlerdir (10). Coelho ve Mariani kaos teorisi desteği ile yapay bağıklık ağı yaklaşımı kullanılarak 13 termal üniteye sahip bir güç sisteminin yakıt maliyet optimizasyonu yapmışlardır (11). EYD için literatürde GA ile yapılmış çalışmalardan etkin sonuçlar alındığı görülmüştür.

Türkiye’de 380 kV, 14 bara, 6 termal yakıtlı güç sisteminde EYD analizi Lagrange fonksiyonu kullanılarak yapılmıştır (12). Bu makalede optimizasyon problemlerinden biri olan EYD problemi sezgisel metotlar-

Makale 07.07.2009 tarihinde gelmiş, 01.09.2009 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

M. K. DÖŞOĞLU, S. DUMAN, A. ÖZTÜRK. Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü, DÜZCE

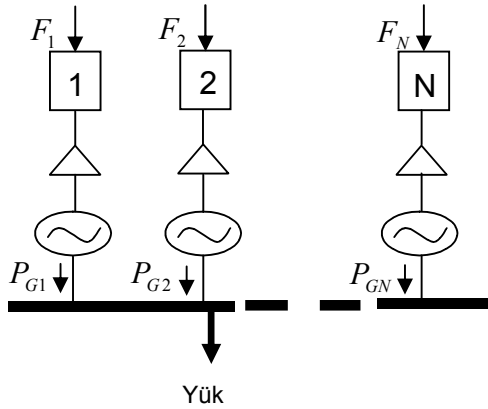
e-posta : kenandosoglu@duzce.edu.tr serhatduman@duzce.edu.tr aliozturk@duzce.edu.tr

Digital Object Identifier 10.2339/2009.12.3. 167-172

dan GA kullanılarak çözümlenmiştir. Örnek olarak Türkiye’de yapılan çalışma verileri göz önünde bulundurulmuştur. Bulunan sonuçlar lagrange fonksiyonu ile yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Neticede bu çalışmada GA’nın Türkiye’de kullanılan bir güç sisteminde ekonomik dağıtım probleminin çözümünde başarılı bir şekilde uygulanabileceği görülmüştür.

2. EKONOMİK YÜK DAĞITIMI

Ekonomik yük dağıtım problemi bir güç sisteminde talep edilen gücü karşılamak ve eş zamanlı olarak sistemin tüm maliyetini minimize etmek için yapılır. Ekonomik dağıtım 3 ile 5 dakika aralıklarla her bir ünite için talep edilen yük doğrultusunda optimal paylaşımını belirlemektir (13). Şekil 1’de bir iletim hattında bulunan termik santrallerin talep edilen yüke bağlantı şeması gösterilmektedir.



Şekil 1. Talep edilen gücü karşılayan N tane termik santral

Ekonomik yük dağıtımında sistemdeki termik santrallerin üretim maliyetini minimize ederken Eş.1’deki matematiksel ifade kullanılmaktadır (1-13).

$$C = \text{Min} \sum_{i=1}^N F_i(P_{G_i}) = \text{Min} \sum_{i=1}^N (a_i + b_i P_{G_i} + c_i P_{G_i}^2) \quad (1)$$

Generatörlerin çıkış gücü Eş.2’de gösterildiği gibi belirlenen limit değerleri içerisinde minimum aktif güç değerinden büyük yada eşit olmalı veya maksimum aktif güç değerinden küçük yada eşit olmak zorundadır.

$$P_{G_i}^{\min} \leq P_{G_i} \leq P_{G_i}^{\max} \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

Eş.1’de gösterilen EYD probleminin maliyet fonksiyonu GA’da amaç fonksiyonu olarak kullanılmaktadır. Eş.3’de iletim hattının toplam aktif güç kaybı gösterilirken, Eş.4’de iletim hattının aktif güç dengesi eşitliği gösterilmektedir. EYD problemlerinde Eş.3 ve Eş.4’teki kısıtlamalar da göz önünde bulundurularak çözümlenmektedir (13).

$$P_L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^N B_{0i} P_i + B_{00} \quad (3)$$

$$D = \sum_{i=1}^N P_{G_i} - P_D - P_L = 0 \quad (4)$$

P_{G_i} : i ninci generatörün çıkış gücü

a_i, b_i, c_i : i ninci generatörün fiyat katsayıları

$F_i(P_{G_i})$: Generatörün P_{G_i} gücünü üretebilmesi için gereken maliyet

N : Generatör grup sayısı

$P_{G_i}^{\min}$: i ninci generatörün minimum çıkış gücü

$P_{G_i}^{\max}$: i ninci generatörün maksimum çıkış gücü

P_L : iletim hattının toplam aktif güç kaybı

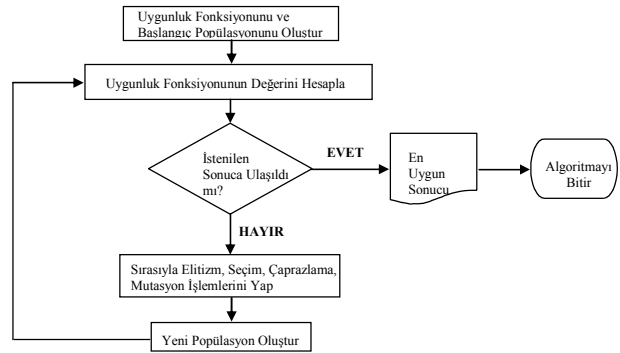
B_{ij} : iletim hattı kayıp katsayısı matrisi

B_{0i} : P ile aynı uzunlukta vektör

B_{00} : Sabit sayı

P_D : Talep edilen güç

3. GENETİK ALGORİTMA



Şekil 2. GA akış diyagramı

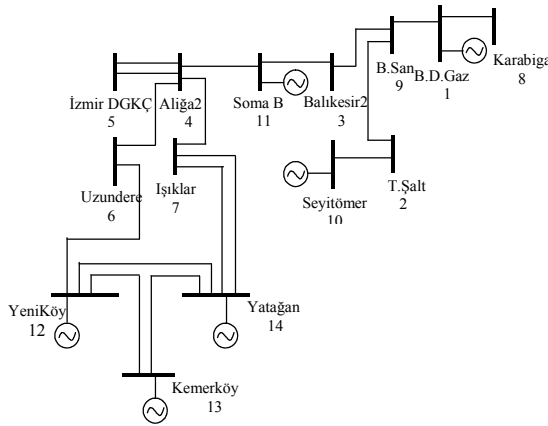
GA çalışma prensibi Şekil 2’ de verilmektedir. GA, genetik mantığını temel alan geleneksel optimizasyon metodları içerisinde çok zor olarak kabul edilen çok değişkenli optimizasyon problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (14). GA geleneksel optimizasyon yöntemlerinde olduğu gibi bir tane başlangıç noktası ile çözüme başlamaz. GA tanımlanan uygunluk fonksiyonu (UF) değişkenlerinin dikkate alınmasıyla rast gele oluşturulan bir başlangıç popülasyonuna göre çok sayıda çözümler ile çalışmaya başlar. Daha sonra genetik operatörleri (elitizm, seçim, çaprazlama, mutasyon) kullanarak çözümleri optimum çözüme getirmeye çalışır (15). Bu sayede çok sayıda çözümün içinden iyiyiler seçilir, kötüler elenir. Başlangıç popülasyonu, değişkenlerin kodlanmaları sonucunda rast gele oluşturulur.

Değişkenler ikilik kodlama, permütasyon kodlama, değer kodlama, ağaç kodlama, gibi değişik şekillerde kodlanabilmektedir (15-20). Kodlama çeşidinin seçiminde ele alınan problem yapısı büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada değişkenler 0 ve 1 genlerinin kombinasyonları olarak kodlanarak popülasyonu oluşturulmaktadır. Popülasyonun her bir satırı için UF de-

ğerleri hesaplanır. UF değerleri dikkate alınarak, GA'nın operatörlerinin kullanımı neticesinde yeni bir popülasyon oluşturulur. Her yeni popülasyonda UF değerleri hesaplanır. Bunlar arasında en iyi sonuç verenleri göz önünde bulundurulur. GA'da belirlenen jenerasyon sayısı kadar bu işlemler iteratif olarak devam eder. Bu şekilde GA ile sürekli iyiye doğru giden çözümler sağlanarak istenilen sonuca ulaşılmaya çalışılır.

4. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Şekil 3'de görülen 14 baralı, 6 generatörlü Türkiye'de kullanılan bir güç sisteminde GA kullanılarak minimum maliyeti sağlayacak şekilde generatörlerin optimum çalışma koşulları belirlenerek EYD problemi çözümlenmiştir.



Şekil 3. 380 KV 14 bara 6 generatörlü sistem (12)

Tablo 1. Generatör verileri.

Termal Santraller	$P_{G_i}^{\min}$ (MW)	$P_{G_i}^{\max}$ (MW)	a	b	c
Bursa D.Gaz	318	1432	6780.5	5.682	0.0106
Seyitömer	150	600	1564.4	3.1288	0.0139
SomaB	210	990	5134.1	6.2232	0.0168
Yeniköy	110	420	1159.5	3.3128	0.021
Kemerköy	140	630	1697	3.2324	0.0137
Yatağan	140	630	1822.8	3.472	0.0147

4.1. Uygunluk Fonksiyonunun Oluşturulması

Şekil 3'de verilen sistemin GA kullanılarak EYD problemi çözümlenip baraların optimum çalışma değerleri bulunacaktır. Bunun için AF olarak, EYD probleminde kullanılan sistemdeki tüm generatörlerin maliyet fonksiyonlarının toplamı Eş.5'de gösterilmiştir. EYD problemi çözümlenirken generatörler talep edilen yük değerine göre belirli sınır değerleri arasında tutularak minimum maliyette çalışması istenmektedir. Bunun için bu problemde kısıt fonksiyonu olarak sistemin güç dengesi eşitliği Eş.6'da gösterilmiştir.

Amaç fonksiyonu.

$$AF = \text{Min} \sum_{i=1}^N F_i(P_{G_i}) = \text{Min} \sum_{i=1}^N (a_i + b_i P_{G_i} + c_i P_{G_i}^2) \quad (5)$$

Kısıt fonksiyonları.

$$KF = \sum_{i=1}^N P_{G_i} - P_D - P_L = 0 \quad (6)$$

$$P_{G_i}^{\min} \leq P_{G_i} \leq P_{G_i}^{\max} \quad i = 1, \dots, N \quad (7)$$

GA kısıtsız bir optimizasyon yöntemi olarak çalışmakta olup, kısıtlı optimizasyon problemi, kısıtların ihmal edilmesi durumunda AF, CF ile cezalandırılıp kısıtsız bir optimizasyon durumuna getirilmektedir. Böylece AF değerleri belirli sınırlar içinde tutulmuş olmaktadır.

Generatörler minimum ve maksimum sınır değerleri arasında tutulurken, Eş.6'daki güç dengesi eşitliği sağlanmadığı durumlarda uygunluk fonksiyonuna ceza fonksiyonu uygulayarak çözüm uzayında uygun olmayan değerler elenecektir. Toplam kısıt fonksiyonunun işaret değiştirip sonuca ulaşmaya engel olmaması için karesi alınır ve problemin durumuna göre uygun bir katsayı ile çarpılır.

$$CF = a \times (KF_1)^2 \quad (8)$$

Ceza fonksiyonu Eş. 8'de gösterilmiştir. Bu çalışmada (a) katsayısı 25 alınmıştır.

$$UF = \text{Min} \sum_{i=1}^N F_i(P_{G_i}) + (a \times (KF)^2) \quad (9)$$

Uygunluk fonksiyonu Eş.9'da gösterilmiştir. Uygunluk fonksiyonunda generatörlerin üretim değerleri değişken olarak kabul edilmekte ve belirli sınır değerleri arasında tutulması gerekmektedir. Bu sınır değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

4.2. Değişkenlerin Kodlanması

Başlangıç popülasyonu tüm elemanları rast gele oluşturulan bir gen havuzunu temsil etmektedir. Bu gen havuzunun oluşturulmasında değişik kodlama yöntemleri olup bu çalışmada ikili sayı sistemi kullanılması tercih edilmiştir. Bu sistemde genler 0 ve 1 elemanlarından oluşmaktadır. Uygunluk fonksiyonunda kaç tane değişken varsa bu değişkenlerin bit sayısına göre kodlanan genleri yan yana gelerek popülasyonda bireyleri meydana getirmektedirler.

$$2^{\lambda n} \geq \frac{X_{üst} - X_{alt}}{\epsilon} + 1 \quad (10)$$

Değişkenlerin bit sayısının belirlenmesi Eş.10'e göre hesaplanmaktadır (21,22).

Tablo 2. Kodlanacak değişkenlerin bit sayısı

Değişkenler	Alt Sınır	Üst Sınır	Artım	Bit Sayısı
P1	318	1412	0.05	15
P2	150	600	0.05	15
P3	210	990	0.05	15
P4	110	420	0.05	15
P5	140	630	0.05	15
P6	140	630	0.05	15

Bu çalışmada her bir değişken 15 bitten toplam 90 bit olarak popülasyonda bir bireyi oluşturmaktadır. Ayrıca popülasyon sayısı 100 olarak belirlenip bir bilgisayar programı ile rast gele toplam 90 bitten, 100 satırdan, bit değerleri 0 ve 1 kodlarından oluşan başlangıç popülasyonu Tablo 3’de gösterilmiştir.

0.9 olup tek noktalı çaprazlama operatörü kullanımı Tablo 4’de gösterilmiştir. Mutasyon oranı Eş.11’e göre hesaplanmıştır. Yapılan bir çok araştırmalarda mutasyon oranının %0.5 ile %1.5 arasında değer alınması sonucuna ulaşılmış, GA defalarca çalıştırılıp mutasyon oranı 0.005 olarak belirlenmiştir. Tablo 5’de mutasyon

Tablo 3. Başlangıç popülasyonu

Birey No	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	101011101011111	111100100011111	000110110010001	1011100101110110	100111010101011	100111101010101
2	010110011100100	011001101110010	010111111001110	010011111100111	010110001110110	011010110010111
3	111010101001010	011110111101011	111001001000111	101100101011011	100100110101010	101110101011010
.
.
35	101011101110100	111110011101010	111100010101011	011100101010100	011010110101011	101110011010111
.
.
99	101110101011101	101011010101010	110010111100101	101111100110100	011010100011100	101011100101010
100	010011101110011	111001100001110	010110010101111	000010111101010	110110001010010	101110010010011

Başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra popülasyondaki her birey kodlandığı ikilik sayı sistemi onluk sayı sistemine çevrilerek Eş.5’de verilen UF ifadesinde yerine yazılır. GA operatörleri olan elitizm, seçim, çaprazlama ve mutasyon basamakları her bir jenerasyonda yeni bir popülasyonu oluşturmaktadır.

4.3. GA Operatörleri (GA Operators)

Tablo 3’de verilen ikilik sayı sistemindeki başlangıç popülasyonunun her bireyinin onluk sayı

işlemi gösterilmiştir (21,22). Her popülasyon bir jenerasyon demek olup algoritma defalarca çalıştırılarak jenerasyon sayısı bu çalışmada 1000 olarak belirlenmiştir. Algoritma en az 40 kez çalıştırılmış ve yaklaşık olarak yarısından sonra optimum noktaya ulaştığı görülmüştür.

$$\frac{1}{PS} < MO < \frac{1}{l} \quad (11)$$

Tablo 4. Tek Noktalı Çaprazlama (One point crossover)

Anne	101011101011111111100100011111000110110010001101110010110110100111010101011100111101010101
Baba	0101100111001000110011011100100101111100111001001111100111010110001110110011010110010111
Çocuk1	101011101011111111100100011111000110110010001101110010110110100111010101011100110110010111
Çocuk2	0101100111001000110011011100100101111100111001001111100111010110001110110011011101010101

Tablo 5. Mutasyon (Mutation)

Mutasyondan önce	
Çocuk 1	101011101011111111100100011111000110110010001101110010110110100111010101011100111101010101
Mutasyondan sonra	
Birey 1	10101110101111111110010001111100011011001000111110010110110101111010100011100110101010101

sistemine çevrilmesi ile 100 tane uygunluk değeri hesaplanır. Bunlardan en küçük değeri veren iki birey elitizm ile seçilir ve geri kalan bireyler aralarında turnuva metodu ile seçim işlemine tabi tutulur daha sonra çaprazlama ve mutasyon operatörleri uygulanır (21-23).

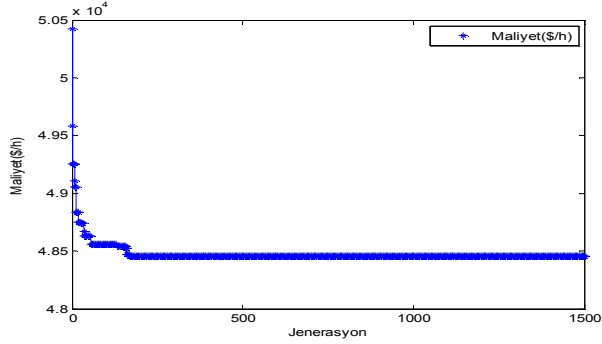
Çaprazlama operatörü seçilen bireylerin gen takası ile yeni birey olmaya aday bireylerin oluşturmaları işlemidir. Bu çalışmada çaprazlama oranı

5. SONUÇLAR

Türkiye’de kullanılan güç sisteminde EYD problemi kayıplı ve kayıpsız olarak çözülmüştür. Kayıplı problemin çözümünde generatörlerin optimum çalışma koşulları GA kullanılarak ve mevcut diğer çalışmadan elde edilen sonuçlarla (12) karşılaştırılıp Tablo 6’da, sistemin kayıplı durumdaki toplam maliyet eğrisi ise Şekil 4’de verilmektedir.

Tablo 6. Türkiye’de kullanılan 6 generatörlü güç sisteminde mevcut çalışma sonucu ve GA’dan elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Yöntem	Yük	Kayıp	Bursa D. Gaz	Seyitömer	SomaB	Y.köy	K.köy	Yatağan	Maliyet (\$/h)
LF(12)	2734.9	44.125	573.0010	520.3039	352.5975	335.5975	523.9189	472.2131	48481
GA	2734.9	44.00	552.0396	543.4736	322.6902	353.4248	515.1527	492.1534	48454.9881

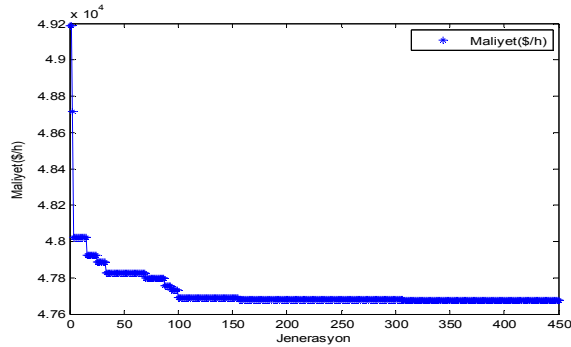


Şekil 4. GA'nın kayıplı durumda her bir jenerasyondaki maliyet fonksiyonunun değişim eğrisi

Örnek sistem kayıpsız durumda GA kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 7’de, toplam maliyet eğrisi ise Şekil 5’de verilmiştir.

Tablo 7. Türkiye’de kullanılan 6 generatörlü güç sisteminin kayıpsız durumda GA ile elde edilen sonuçlar

Yöntem	Yük	Bursa D. Gaz	Seyitömer	SomaB	Y.köy	K.köy	Yatağan	Maliyet (\$/h)
GA	2734.9	554.0455	496.9588	320.8097	357.1712	519.2502	486.6204	47679.2861



Şekil 5. GA'nın kayıpsız durumdaki her bir jenerasyondaki maliyet fonksiyonunun değişim eğrisi

Dünyada artan güç talebi nedeniyle optimizasyon problemlerinden biri olan EYD problemleri daha da önem kazanmaktadır. Artan güç talebini en uygun şekilde karşılayabilmek için mevcut olan sistemlerin analizleri yapılarak daha iyi şekilde planlanması gerekmektedir. Mevcut çalışma sonucu ile GA karşılaştırıldığında GA'nın daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Sistemdeki generatörler bulunan sonuçlara göre çalıştırıldığında ülke ekonomisine daha da katkı yapacaktır.

Bu makalede EYD problemi sistemin kayıplı ve kayıpsız durumlarda GA kullanılarak çözümlenmiştir.

EYD problemlerinde kayıplar dikkate alınarak sistemdeki generatörlerin birim maliyetleri yüksek olanlarının üretimlerinin düşürülmesi, birim maliyeti az olanların ise üretimlerinin artırılarak sistemin toplam maliyeti en aza indirilebilir. Mevcut yapılan çalışma sonucu (12) ile GA'dan bulunan sonuçlar karşılaştırıldığında sistemdeki Bursa D. Gaz ve Soma B. santrallerinin üretim kapasitelerinin daha da düşürülmesi ve maliyet fonksiyonları düşük olan Seyitömer, Y.köy ve Yatağan santrallerinin ise üretim kapasitelerinin GA'da bulunan sonuçlarla çalıştırılması dahilinde sistemin maliyetinin mevcut çalışmaya nazaran daha da düştüğü görülmüştür. Sistem 2734.9 MW yükte kayıpsız olarak düşünüldüğünde ise kayıplı duruma nazaran maliyet fonksiyonu değerinin daha az olduğu görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

1. Yalçınöz T., Yavuzer T., Altun H., "Tabu Araştırma Algoritması Kullanılarak Ekonomik Yük Dağıtım Probleminin Çözümü", ELECO, Bursa, 2002.
2. Jayabarathi T., Jayaprakash K., Jeyakumar D. N., Raghunathan T., "Evolutionary programming techniques for different kinds of economic dispatch problems", Electric Power Systems Research, 73, 169-176, 2005.
3. Roa-Sepulveda C. A., Herrera M., Pavez-Lazo B., Knight U.G., Coonick A. H., "Economic dispatch using fuzzy decision trees", Electric Power Systems Research, 66, 115-122, 2003.
4. Alrashidi M. R., El-Haway M. E., "Impact of loading conditions on the emission-economic dispatch", Proceedings of World Academy of Science Engineering and Technology, 29, 148-151, 2008.
5. Altun H., Yalcinoz T., "Implementing soft computing techniques to solve economic dispatch problem in power systems", Expert Systems with Applications, 35, 1668-1678, 2008.
6. Turkay B., "Economic dispatch at the ambarli power plant using genetic algorithm", Istanbul University Engineering Faculty Journal of Electrical & Electronics, 2, 395-399, 2002.
7. Demirel Y., Demirören A., "Economic and emission dispatch", ELECO, Bursa, 2003.

8. Bouzeboudja H., Chaker A., Allali A., Nama B., "Economic dispatch solution using a real-coded genetic algorithm", *Acta Electrotechnica et Informatica*, 5, 1-5, 2005.
9. Abido M. A., "Multiobjective evolutionary algorithms for electric power dispatch problem", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 10, 315-329, 2006.
10. Wang L., Singh C., "Reserve-constrained multiarea environmental/economic dispatch using enhanced particle swarm optimization", *IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium*, 96-100, 2008.
11. Coelho L. dos S., Mariani V. C., "Chaotic artificial immune approach applied to economic dispatch of electric energy using thermal units", *Chaos, Solutions and Fractals*, 2007.
12. Kurban M., Başaran Ü., "Türkiye'deki 380 kv'luk 14 baralı güç sisteminde ekonomik yüklenme analizi", *Elektrik-Elektronik, Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi ve Fuarı, İstanbul*, 2005.
13. Yalcinoz T., Altun H., Uzam M., "Economic dispatch solution using a genetic algorithm based on arithmetic crossover", *IEEE Power Tech Proceedings, Porto*, 2001.
14. Mazumder, P. and Runick, E.M., "Genetic Algorithm For VLSI Design Layout Test Otomation", *Prentice Hall PTR*, 1999.
15. Goldberg, D. E., "Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning", *Addison -Wesley Longman*, 1989.
16. Mitchell, M., "An Introduction to Genetic Algorithms", *MIT Press, Cambridge, MA.*, 1998.
17. Zhang, G. and Lu, G., "Hybrid Real-Coded Genetic Algorithm with Quasi-Simplex Technique", *International Journal of Computer Science and Network Security*, 6, 246-255, 2006.
18. Michalewicz, Z., "Genetic Algorithms + Data Structure = Evolution Programs", *A.B.D., Springer & Verlag*, 1992.
19. Ibrahiem M.M. El-Emary and Mona M. Abd El-Kareem , "On the Application of Genetic Algorithms in Finger Prints Registration", *World Applied Sciences Journal*, 3, 276-281, 2008.
20. Gargano, M.L. and Edelson, W. , "A Genetic Algorithm Approach To Solving The Archaeological Seraition Problem", *Congressus Numerantium*, 119, 1996.
21. Saruhan, H., " Genetic Algorithms:An Optimization Technique", *Technology*, 7, 105-114, 2004.
22. Öztürk, A., " Güç Sistemlerinde Gerilim Karahlığının Genetik Algoritma İle İncelenmesi ", *Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2007.
23. Elmas, Ç., " Yapay Zeka Uygulamaları ", *Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş., Ankara*, 388-401, 2007