

TABU ARAŞTIRMASI UYGULANARAK EKONOMİK YÜK DAĞITIMI PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ

T. YALÇINÖZ T. YAVUZER H. ALTUN

Niğde Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Niğde 51200 / Türkiye

e-posta: tyalcinoz@nigde.edu.tr tyavuzer1@hotmail.com haltun@ieee.org

Anahtar sözcükler: Tabu Araştırması, Ekonomik Yük Dağıtımı, Enerji Sistemleri, Optimizasyon

ABSTRACT

With the development of modern power systems, economic dispatch problem has received an increasing attention. The economic dispatch is an optimization problem to find the most economical schedule of the generating units while satisfying load demand and operational constraints. In this paper, Tabu Search is applied to economic dispatch problem. The proposed method has been demonstrated through a six-unit system. The results of the proposed method are compared with those of an Improved Hopfield NN approach (IHN) [1], a Fuzzy Logic Controlled Genetic Algorithm (FLCGA) [2], an Advance Engineered-Conditioning Genetic Approach (AECGA) [3] and an Advance Hopfield NN approach (AHNN) [4].

1. GİRİŞ

Elektrik enerji sistemlerinin yapısı günümüzde enerji sektörünün özelleştirilmesi ve daha büyük bir enerji sistemine ihtiyacın getirdiği baskı nedeniyle büyümüş ve karmaşık hale gelmiştir. Özellikle enerji sektörünün özelleştirmesi sonucu daha ekonomik olarak enerji sisteminin işletilmesi ve ucuza elektrik üretimi çok önemli konular olmuştur [5].

Enerji sistemlerinde işletim planlaması minimum maliyetin bulunması için önemlidir. İşletim planlaması genel olarak; ekonomik yük dağıtımı (EYD), bakım programının yapılması, en iyi grup belirleme (unit commitment), reaktif gücün dağıtımı, spot fiyatın belirlenmesi gibi konulardan oluşur [5,6]. Bu problemler optimizasyon yöntemleri ile çözülmektedir.

Ayrık optimizasyon problemleri için genel olarak, tanımlanması kolay çözümü zor problemlerdir

denilebilir. Ayrık optimizasyon problemlerini genellikle belirli bir matematiksel fonksiyon olarak ifade etmek güçtür. Bu nedenle, bu türdeki problemleri klasik optimizasyon yöntemleri ile çözmek zordur. Lojistik, endüstriyel yönetim ve işlemsel araştırmalarla ilgili bazı problemler bu türdedir. Bilinen klasik algoritmalar sadece bu türdeki küçük boyutlu problemleri çözebilir. Bu durumda büyük boyutlu optimizasyon problemleri için, kabul edilebilir sürede optimuma yakın çözümler verebilen heuristik (deneme ve yanılma) algoritmalara ihtiyaç duyulur. Birleşik optimizasyon, ayrık nesnelerin seçimi, düzenlenmesi, gruplaşması veya sıralanması için bir optimal bulmanın matematiksel bir çalışmasıdır. Ayrık optimizasyon problemlerine örnek olarak, verilen pozisyonlarda binaların optimal yerleşimi, müşterilerin en iyi gruplaşması, makinaların üzerindeki işlemin optimal düzenlenmesi, değişik yatırım ihtimallerinden optimum olanın seçimi, gezgin satıcı problemi (travelling salesman problem) [7] verilebilir.

EYD problemi Enerji Yönetim Sistemlerinin (Energy Management Systems) standart fonksiyonudur. Elektrik şirketleri EYD problemini düzenli aralıklarda çözmek zorundadır. EYD problemi yüke, enerji sisteminin fiziksel limitlerine ve grupların limitlerine bağlı olarak maliyeti minimize etme işleminden oluşur. Ekonomik yük dağıtımında her 3 ile 5 dakika aralığında optimal şekilde yükü karşılayabilmek için her gruba düşen gücün belirlenmesi gerekir. Burada en iyi grup belirleme işlemi sonucu müsait grupların içerisinde seçilmiş bulunan n adet grubun enerji sistemine bağlı olduğu varsayılır.[6,7,8]

Son yıllarda birçok optimizasyon tekniği, EYD çözmek için kullanılmıştır. Bu tekniklerin birbirine göre üstünlükleri vardır. Kullanılan grubun giriş çıkış

karakteristiği seçilecek metodu da doğrudan etkilemektedir [8]. Ekonomik yük dağıtım problemi farklı metotlarla örneğin ardışıl kuadratik programlamayla [9] yapay sınır ağlarıyla [1,4,10] ve genetik algoritmayla [2,3] çözülmüştür.

Tabu araştırma, diğer teknikler kadar uzun süre çalışılmamış olmakla beraber birçok problemde başarıyla uygulanmıştır. [11] Tabu araştırma bazı problemlerde, kendisinden eski olan bazı algoritmalarından çok daha iyi sonuçlar bulabilmektedir.[12,13]

Bu makalede Tabu araştırma algoritması kullanarak bir optimizasyon problemi olan ekonomik güç dağıtım problemini tabu araştırma yöntemi ile Matlab ortamında hazırlanmış olduğumuz programla çözümleneceğiz. Önerilen yöntem altı jeneratörlü bir sisteme uygulanarak sonuçlar elde edilmiş ve mevcut diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak Tabu Araştırma algoritmasının ve programının ekonomik yük dağılım probleminin çözümünde nasıl başarılı bir şekilde uygulanabileceği gösterilmiştir.

2. EYD'NİN MATEMATİKSEL MODELİ

Enerji sistemlerinin EYD problemi büyük ölçekli doğrusal ve doğrusal olmayan kısıtlamaların olduğu güç paylaşım problemi. Fosil yakıtlı jeneratörün girişi çıkış gücünün fonksiyonu olarak ifade edilir. Giriş-çıkış şekli doğrusal, piecewise doğrusal, exponansiyel, çok terimli olarak gösterilebilir. Bu çalışmada giriş-çıkış karakteristiği ikinci dereceden bir denklemle ifade edilmiştir.

EYD'nin amacı toplam grupların işletme maliyetini minimize etmektir. Toplam jeneratörlerin işletme maliyeti matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\text{Min}_{P_i} \sum_{i=1}^n F_i(P_i) = \text{Min}_{P_i} \sum_{i=1}^n (a_i + b_i P_i + c_i P_i^2) \quad (1)$$

Yukarıda denklem (1) ile verilen amaç fonksiyonu (maliyet fonksiyonu) aşağıdaki kısıtlamalara bağlı olarak çözülür.

Güç Eşitlik Denklemi :

$$\sum_{i=1}^n P_i - P_Y - P_L = 0 \quad (2)$$

Burada iletim hattının kaybı basit olarak aşağıdaki gibi bulunur.

$$P_L = \sum_{i=1}^n B_i P_i^2 \quad (3)$$

Jeneratörlerin çıkış kapasitesi : Jeneratörün çıkış gücü izin verilen minimum güç değerinden büyük yada eşit olmalı veya izin verilen maksimum güç değerinden küçük yada eşit olmalıdır.

$$P_{\min,i} \leq P_i \leq P_{\max,i} \quad (4)$$

Yukarıda verilen denklemlerde :

P_i : i'inci jeneratörün çıkış gücü

a_i, b_i, c_i : i'inci jeneratörün fiyat katsayıları

N : Grup sayısı

$F_i(P_i)$: Jeneratörün P_i gücünü üretebilmesi için gereken fiyat

P_Y : Yük

P_L : İletim hattının kaybı

B : İletim hattı kaybının katsayıları

$P_{\min,i}$: i'inci jeneratörün minimum çıkış gücü

$P_{\max,i}$: i'inci jeneratörün maksimum çıkış gücü

3. TABU ARAŞTIRMA ALGORİTMASI

Tabu araştırması temel olarak belirli bir problem üzerine elde edilen ilk çözüm etrafındaki komşuluklar oluşturmaktır. Komşuluk mekanizması ele alınarak birbirini izleyen seçilmiş çözümlerden daha iyi olanı Tabu Listesi olarak atanır.

Tabu arama algoritmasında tabu listesi olarak oluşturulan ilk aday çözüm ve değişken komşu çözüm sayısı, bir tür tabulaştırma görevi yapmaktadır. Kötü sonuç veren bölgelerde daha fazla işlem yapılmaması (bu elemanların komşu sayılarının azaltılması), istenen çözüme daha az hesaplamayla, dolayısıyla daha hızlı ulaşmayla sağlamaktadır. İyi sonuç veren parametrelerin bir sonraki iterasyonda komşu sayıları artmakta, böylece algoritmanın verimliliği de artmış olmaktadır.

Tabu listesinin en önemli özelliklerinden birisi, mevcut tabu listesinin aday komşu çözümler ile karşılaştırıldıktan sonra bir sıralama ve karşılaştırma işlemi yaparak kendisini yenileyebilmesidir. Bu amaçla, geliştirilen algoritmada, önceki döngülerde elde edilen çözümlerin listesinin tutulduğu bir tabu listesi oluşturulmuştur. Eğer bir komşu çözüm aday, tabu listesinde yer alan bir çözümle aynıysa (bu durumda aday çözüm, zaten daha önce denenmiştir), bu çözüm değerlendirme dışı bırakılmaktadır. Tabu listesi oluşturulurken her döngüdeki en iyi çözüm listeye alınmakta, listenin dolduğu durumda listedeki ilk kayıtlar (başlangıçtaki çözümler) listeden atılıp, son döngülerde elde edilen çözümler listeye alınmaktadır.

Tabu Listesi ilk en iyi çözüm kümesinin oluşturularak hafızaya alınma yöntemi ile oluşturulur. Tabu listesi oluşturmanın önemli bir kuralı da giriş değerleri oluşturulurken çeşitli filtrezyasyon işlemlerinden geçirilmesidir.[13]



Şekil-1: Tabu Listesi oluşturma prensibi

Oluşturulan Tabu listesinin en temel özelliği yeni çözüm adaylarını değerlendirmeye alarak dairesel bir döngü içerisinde yol olarak her yeni döngüden sonra yeni özellikler kazanmasıdır. Şekil 1'de genel olarak Tabu listesi oluşturmamın genel prensibi görülmektedir.

Tabu listesinin yeni elde edilen çözümler ile liste uzunluğu artacak ve çözüm aramada büyük bir etki yaparak kısa çözümlerin daireselliği sayesinde nesnel bir çözüm arama tekniği olduğunu gösterecektir. Burada istenilen durum çözüm adaylarının mevcut bu döngüsü ile Tabu listesinin geliştirilmesidir. Tabu listesine dahil edilen yeni çözümler oluşturulurken eğer elde edilen çözüm tabu listesindeki çözümlerden daha iyi ise elde edilen çözüm tabu listesine eklenebilir. Bunun tersi durumunda, yani daha kötü bir çözüm ise tabu listesine eklenmeyecek ve doğal olarak belirli bir bellek kaplamayacaktır. En iyi çözüm bulunana kadar bu işlemler mevcut döngü ile devam edecektir.[13]

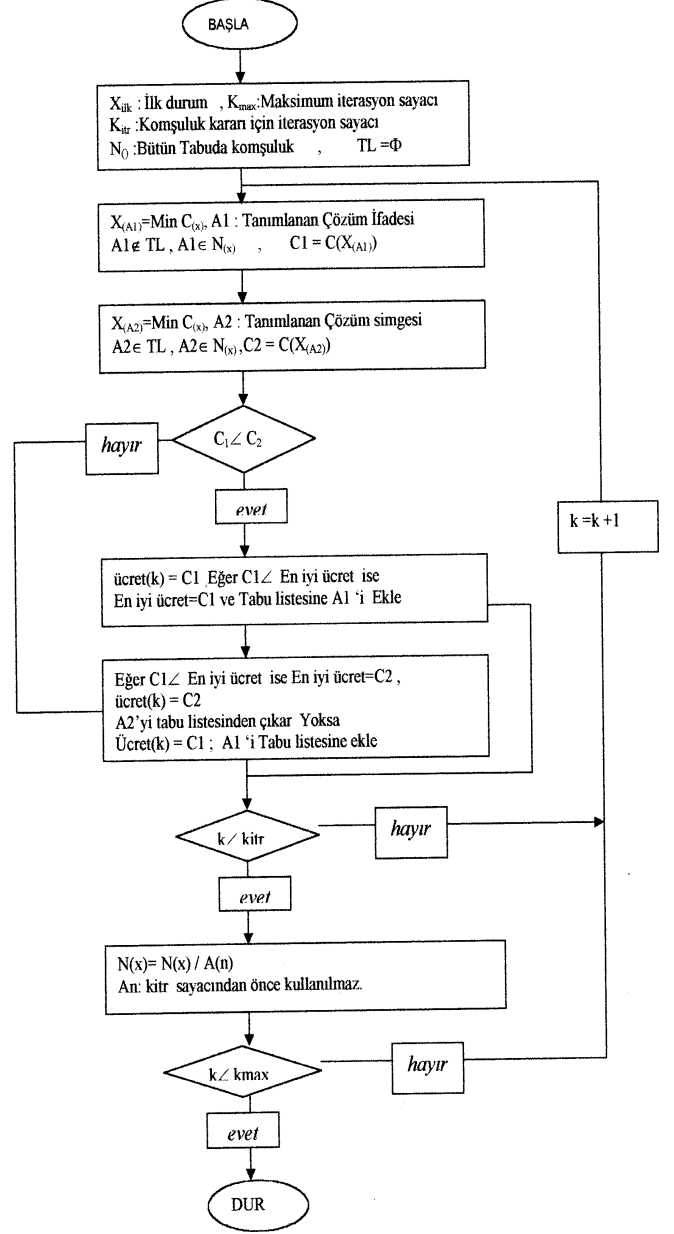
4. TABU ARAŞTIRMASININ EYD PROBLEMİNE UYGULAMASI

Bir optimizasyon probleminde çözüm aranırken öncelikle genel optimizasyon tekniklerini kullanarak mevcut veriler ışığında oluşturulan amaç fonksiyonları minimize edilmeye çalışılmaktadır. Klasik bir ekonomik yük dağıtım problemi güç denge denklemleri baz alınarak en az maliyet ile maksimum güç elde etme ilkesi ile çözümlenmelidir. Klasik optimizasyon metotları bu tarz bir problemi çözmekte yeterli olmayabilir. Bunun için bu makalede henüz yeni bir metot olmasına rağmen birleşik optimizasyon problemlerinde bize çözüm kolaylığı sağlayan Tabu Araştırma yönteminden yararlanarak ekonomik yük dağıtım problemi çözülmüştür.

Ekonomik yük dağıtım problemi Tabu araştırması ile Matlab ortamında çözülmüştür. Şekil 2'de ekonomik yük dağıtım probleminin çözümünde kullanılan Tabu araştırmasının akış diyagramı görülmektedir. Şekil 2'deki algoritmadan anlaşılacağı gibi programımızda sistemimizde mevcut olan jeneratör adetine bağlı olarak jeneratörün çıkış güç değerleri maksimum ve minimum sınırlar içerisinde rasgele olarak atanmaktadır. Bu atanma sırasında ilk çözüm oluşturulurken ve daha sonra komşulara ait çözümler bulunurken EYD'nın formülasyonunda verilen

denklemler göz önüne alınmaktadır. Elde edilen ilk çözüm tabu listesi olarak atanacaktır.

Burada temel kural bütün bulunan aday çözümler güç eşitlik denklemini sağlamalı ve jeneratör çıkış güçleri minimum ve maksimum değerler arasında olmalıdır.



Şekil-2 Tabu araştırmasıyla EYD'nin çözüm algoritması

Sistem çalışması itibari ile mevcut sınırlar içerisinde oluşturulan Tabu listesine dokunmadan yine aynı sınırlar içerisinde jeneratör değerlerini rasgele seçerek komşu çözümler üretecektir. Bu komşu çözümler tabu listesine eklenerek elde edilen yeni mevcut çözümlerin en iyilerini yeni tabu listesi olarak algılayacaktır. Bunun harici durumlarda ise yani komşu çözümler

tabu listesinde iseler veya tabu listesindeki çözümlerden daha kötü sonuçlar veriyorlarsa yeni çözümler komşu çözüm olarak bırakılacaktır. En iyi çözüm elde edilince program çalışmayı bırakacak.

5. SAYISAL SONUÇLAR

Bu çalışmada Tabu Araştırması yardımıyla ekonomik yük dağıtım problemi çözülmüştür. Önerilen yöntemin performansını belirlemek için 6 jeneratöre sahip bir test sistemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar farklı metotlardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Test sistemine ait veriler ve kısıtlamalar aşağıda verilmiştir.

$$F_1 = 0.001562 P_1^2 + 7.92 P_1 + 561.0 \quad 100 < P_1 < 600$$

$$F_2 = 0.00194 P_2^2 + 7.85 P_2 + 310.0 \quad 100 < P_2 < 400$$

$$F_3 = 0.00482 P_3^2 + 7.97 P_3 + 78.0 \quad 50 < P_3 < 200$$

$$F_4 = 0.00139 P_4^2 + 7.06 P_4 + 500.0 \quad 140 < P_4 < 590$$

$$F_5 = 0.00184 P_5^2 + 7.46 P_5 + 295.0 \quad 110 < P_5 < 440$$

$$F_6 = 0.00184 P_6^2 + 7.46 P_6 + 295.0 \quad 110 < P_6 < 440$$

Ekonomik yük dağıtım probleminin çözümünde kullanılan Tabu araştırmasının başlangıç sonuçları rasgele bulunmuştur. Komşu çözümler ilk sonuçlardan üretilmiştir. Burada şekil 2'de verilen akış diyagramı kullanılmıştır. Tabu araştırması ile elde edilen sonuçlar geliştirilmiş Hopfield yapay sinir ağları

yaklaşım tekniğiyle (IHN) [1], Genetik algoritma kontrollü bulanık mantık tekniğiyle (FLCGA) [2], Genetik yaklaşım koşullarına bağlı ileri tasarım tekniğiyle (AECGA) [3] ve geliştirilmiş yapay sinir ağları tekniği (AHNN) [4] ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 1'de ekonomik yük dağıtım probleminin yukarıda bahsedilen yöntemlerle çözülmesi sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Burada yük olarak 1800 MW'lık yük seçilmiştir. Bu yüke karşı jeneratörlerin çıkış güçleri ve elde edilen toplam maliyet tabloda gösterilmiştir. Tablo 1'den görüleceği üzere Tabu araştırmasıyla bulunan toplam fiyat diğer yöntemlerden elde edilen fiyat değerinden daha iyidir. Deneme sonucu farklı yük değerlerinde de Tabu araştırmasıyla daha iyi sonuçların elde edildiği gözlenmiştir.

6. SONUÇ

Bu makalede ekonomik yük dağıtım problemi tabu araştırması kullanılarak çözülmüş ve elde edilen sonuçlar genetik algoritma tabanlı yöntemlerle [2,3] ve yapay sinir ağı kullanan yöntemlerle [1,4] karşılaştırılmıştır. Önerilen metod 6 jeneratöre sahip bir test sistemine uygulanmış performansı gözlenmiştir. Toplam fiyat incelendiğinde tabu araştırma yöntemi ile elde edilen fiyatın diğer yöntemler ile elde edilen fiyatlardan daha iyi olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, Tabu araştırmasının gelecekte bir çok enerji sistemi probleminde başarıyla uygulanabileceğini kanıtlamaktadır.

Tablo 1 6 jeneratörlü sistemlerde farklı çözüm yöntemlerinin karşılaştırılması

Yöntemler	Yük (MW)	Jeneratörlerin Çıkış Güçleri						Toplam Fiyat (\$/h)
		1. Grup (MW)	2. Grup (MW)	3. Grup (MW)	4. Grup (MW)	5. Grup (MW)	6. Grup (MW)	
FLCGA [2]	1800.0	250.49	215.43	109.92	572.84	325.66	325.66	16585.85
AECGA [3]	1800.0	248.07	217.73	75.30	587.70	335.60	335.60	16579.33
IHN [1]	1800.0	248.08	217.74	75.18	587.90	335.55	335.55	16579.33
AHNN [4]	1800.0	248.14	217.74	75.20	587.80	335.56	335.56	16579.33
Tabu Araştırması	1800.0	248.20	217.64	75.20	587.95	335.67	335.32	16579.32

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada Niğde Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından FBE 2001/04 nolu proje çerçevesinde desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] T. Yalcinoz and M.J. Short, "Large-scale economic dispatch using an improved Hopfield neural network," IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., vol. 144, pp. 181-185, March 1997
- [2] Y.H. Song, G.S. Wang, P.Y. Wang, A.T. Johns, "Environmental/ economic dispatch using fuzzy logic controlled genetic algorithms," IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., vol. 144, pp. 377-382, July 1997.
- [3] Y.H. Song and C.S.V. Chou, "Advanced engineered- conditioning genetic approach to power economic dispatch," IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., vol. 144, pp. 285-292, May 1997.
- [4] T. Yalcinoz and H. Altun, "Comparison of simulation algorithms for the Hopfield neural network: an application of economic dispatch," Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, vol. 8, no.1, pp. 67-80, 2000.
- [5] Harry G. Stoll 'Least-Cost Electric Utility Planning', John Wiley & Sons, New York, 1989.
- [6] Wood A.J. and Wollenberg B.F., 'Power generation operation and control', John Wiley & Sons, New York, 1984
- [7] Osman,I.O.,Metastrategy Simulated annealing and tabu search algorithms for combinatorial optimisation problems, Phd.D. Thesis, Imperial College,University of London,1991
- [8] B. H. Chowdhury and S. Rahman, "A review of recent advances in economic dispatch," IEEE Trans. on Power Systems, vol. 5, pp. 1248-1259, November 1990.
- [9] Yalcinoz T. and Short M.J., 'The economic dispatch problem with transmission capacity constraints using MATLAB', UPEC'97 Universities Power Engineering Conference, Manchester, pp. 81-84, September 1997.
- [10] Yalçınöz T., Altun H., and B.S. Tezekici, 'MLP yapay sinir ağı kullanılarak ekonomik yük dağıtım probleminin çözümü', Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, Vol. 1, pp. 200-203, Kocaeli, Eylül 2001.
- [11] R. Battiti, G.Techhiolli, Simulated Annealing and TabuSearch in the Long Run: A Comparison on QAP Tasks, Computers MaTH.Applic., Vol.28, No.6, pp. 1-8, 1994
- [12] F.Glover, Tabu Search: Improved Solution Alternatives, in Mathematical Programming, State of Art, J.R.Birge and K.G.Murty (Eds.),The Univ. of Michigan, pp. 64-92, 1994
- [13] Mori,H., Usami, 'Unit Commitment Using Tabu search with Restricted Neighborhood', Proc. of ISAP'96, No.0221, pp. 422-427, Orlando, Florida,USA, May 1998