

Karakaya HES’de verim ve üretim parametrelerinin yapay sinir ağı ile tahmini

Kenan İNALLI*, Erdem IŞIK ve İhsan DAĞTEKİN

TELAŞ Genel Müdürlüğü 13.İletim Tesis ve İşl. Grp.Müdürlüğü / Elazığ

Özet

Ülkemizin hidroelektrik potansiyelinin büyük bölümü Fırat Havzası üzerinde olduğu bilinmekte ve bu havza üzerine kurulan Keban, Karakaya, Atatürk, Birecik ve Karkamış Hidroelektrik Santralleri de yıllık üretimleriyle de ülke ekonomisine büyük getirisi bulunmaktadır. Barajdaki su miktarları, enerji üretimindeki en önemli faktörlerden biri olduğundan, bu suyun en verimli şekilde kullanılması ve her bir damla suyun enerjiye çevrilmesi önemli bir husustur.

Bu çalışmada; Diyarbakır ili sınırları içerisinde bulunan Karakaya Hidroelektrik Santralinin verim ve üretim değerlerinin yapay sinir ağları ile tahmini yapılmıştır. Bu analiz yapılırken santral göl havzasının bulunduğu bölgenin ortalama nem, yağış miktarı, açık yüzey buharlaşma miktarı, ortalama basınç ve sıcaklık gibi meteorolojik verilerinden ve hidroelektrik santralin de gelen suyun debisi, hidrolik düşü, buharlaşan su ve özgül su sarfiyatı gibi santral verilerin son beş yıla ait (2007-2011) üç günlük ortalamaları alınarak, örnekleme yapılmıştır. Veriler arasından; meteorolojik ve santral verileri giriş, hidroelektrik santralin üretimi ve verimi de çıkış bilgisi olacak şekilde yapay sinir ağının (YSA) çalışması düzenlenmiştir. Teorik analiz sonucu elde edilen denklemler Matlab ve Excel programları kullanılarak çözülmüş ve grafikler halinde sunulmuştur.

Oluşturulan YSA modeli ile Karakaya Hidroelektrik Santralinin üretim ve verimi yüksek bir hassasiyetle tahmin edilmiş olup, bu da elektrik enerjisi ihtiyacının arttığı günümüzde, bir sonraki yıllara ait taleplerin karşılanmasında yapılacak olan çalışmalara yardımcı olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: : Karakaya barajı, Yapay sinir ağları, Hidroelektrik santrali, Modelleme

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Kenan İNALLI. kenaninalli@hotmail.com; Tel: (532) 481 68 58

The prediction of efficiency and production parameters in Karakaya hpp using the artificial network

Extended abstract

Due to an increase in conventional energy prices and environmental effects, such as air pollution, global heating, depletion of the ozone layer, greenhouse effects; the use of renewable energy has increased, following the energy crisis in 1970. The continuous depletion of conventional energy resources and its adverse environmental impacts have revived the interest on renewable energy sources. Among the renewable energy sources, hydropower is considered to be economical, readily available and non-polluting source.

Turkey, as one of the countries recently being affected by energy shortage, is in search for various solutions to close this gap. Out of several solution ideas, increasing the proportion of hydroelectric power, which is at %18,7 as of 2007 out of the whole energy production, has become one of the most applied. This, in turn, resulted in ever-increasing projects of building many large dams and run-of-river type hydroelectric power plants.

It is known that the hydroelectric potential in our country exists in Fırat Basin. In this area Keban, Karakaya, Atatürk, Birecik and Karkamış hydroelectric power plants provide significant contributions to country's economy. As the amount of water in a dam is very important factor for producing energy, the usage of this water efficient is also very important.

Production and efficiency forecasting plays an important role for the power system operational planners and also most of the participants in the nowadays electricity markets. With the importance of the production and efficiency in power system operation and electricity markets, many methods for arriving careful results, are represented.

Artificial neural networks have been successfully used in solving complicated problems in different areas of application including pattern recognition, identification, classification, speech, vision and control systems.

Artificial neural networks, originally developed to mimic basic biological neural systems – the human brain particularly, are composed of a number of interconnected simple processing elements called neurons or nodes. Each node receives an input signal which is the total 'information' from other nodes or external stimuli, processes it locally through an activation or transfer function and produces a transformed output signal to other nodes or external outputs. Although each individual neuron implements its function rather slowly and imperfectly, collectively a network can perform a surprising number of tasks quite efficiently.

In this study, it has been predicted the efficiency and production of Karakaya Hydroelectric Power Plant in Diyarbakır province using the Artificial Neural Networks (ANN). In this analysis, in the basin lake province humidity, from the meteorological data such as amount of rainfall, amount of vaporization in free surface and average pressure and temperature and from hydroelectric power plant data such as the rate of water, hydraulic head, the amount of vaporized water and specific water consumption for the last five years some modeling have been conducted taking three-days averages of the data. Taking entries as meteorological data and hydroelectric power plant data, production and efficiency of hydroelectric power plant have been output conducting a study of Artificial Neural Networks model. The obtained equations from theoretical analysis have been solved using Matlab and Excel and have presented graphically.

The efficiency and production of Karakaya hydroelectric power plant have been predicted with a high sensitivity with developed ANN model. Thus, it will be helpful for studies to be done in the future years to meet demands.

Keywords: Karakaya dam, Artificial neural networks, Hydroelectric power plant, Modeling

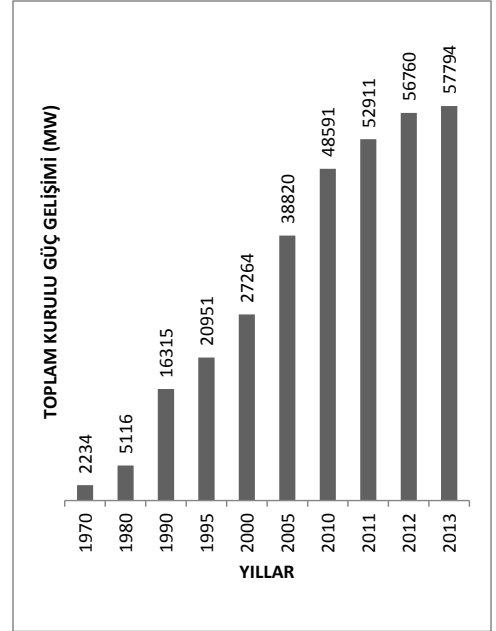
Giriş

Enerji hayat kalitesini iyileştiren, ekonomik ve sosyal iyileşmeyi sağlayan en önemli faktördür. Ülkelerin büyümesi için sanayileşmeye, sanayileşme için ucuz, temiz ve kesintisiz enerjiye, enerji için ise finans, teknoloji ve insan kaynağına ihtiyaç olmaktadır. Günümüzde ülkelerin gelişmişlik seviyeleri artık tükettikleri enerji ile ifade edilmektedir. OECD ülkeleri içerisinde yer alan ülkemizin de ekonomik gelişmişlik seviyesini yakalayarak bu pazarda yerini alması çok önemlidir.

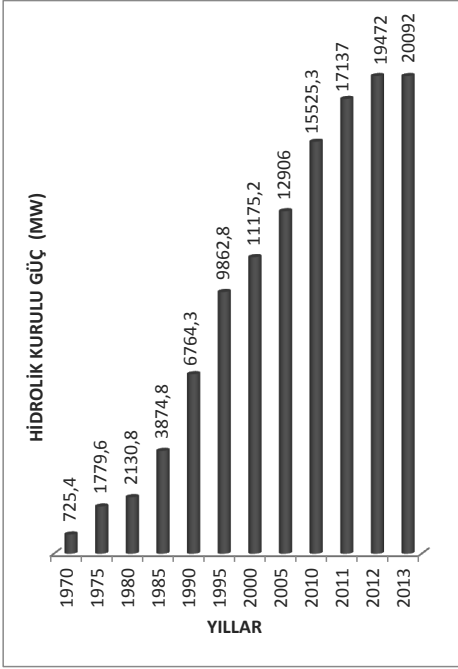
Ancak enerji kaynakları bakımından net ithalatçı ülke konumunda olan Türkiye'de 2012 yılında enerji arzının petrolde ve doğalgazda % 90'ların üzere toplam enerjinin yaklaşık % 20 oranında olmak üzere toplam enerjinin yaklaşık % 72'lik bölümünü ithalat ile karşılamıştır. Türkiye'nin son 10 yıllık dış ticaret dengesi ve enerji ithalatı; 2000-2012 yılları arasında yapılan toplam ihracat 710 Milyar USD, ithalat 1085 Milyar USD, ham petrol + doğalgaz + kömür ithalatı 155 Milyar USD olmuştur. 380 Milyar USD olan dış ticaret açığının % 41'i enerji ihtiyacından kaynaklanmıştır. Son 10 yıllık dönemde ihracat arttıkça enerji ithalatının arttığını göstermektedir (TEİAŞ Faaliyet Raporu, 2013).

Hidroelektrik enerji potansiyeli ülkemiz için 433 milyar kWh/yıl olup, bu dünya toplam potansiyelinin yaklaşık % 1'dir. Avrupa'daki toplam hidroelektrik kapasite içinde ise Türkiye'nin payı % 14'dür. Gelecekte teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik enerji potansiyeli olan 216 milyar kWh/yıl'ın yüksek bir oranda kullanımı mümkün olabilecektir. 2013 yılı itibariyle DSİ Genel Müdürlüğü'nce tespit edilen ekonomik hidroelektrik enerji potansiyelimiz yaklaşık 130 milyar kWh'dır. Ülkemizde henüz etüdü yapılmamış 1-30 MW arası küçük hidroelektrik tesislerden 10-15 milyar kWh mertebesinde ilave elektrik enerjisi üretebileceği düşünülmektedir.

Ülkemizde toplam kurulu güç Şekil 1'de görüldüğü üzere, 2013 yılı Mart ayı sonu itibariyle 57794 MW'dır. Ülkemizin 2015 yılında yük ihtiyacı da dikkate alındığında toplam kurulu güç kapasitesinin 60000 MW-65000 MW, 2020 yılında ise 80000 MW-90000 MW arasında olması beklenmektedir. Bu da 2015 yılına kadar en az 15000 MW'lık enerji yatırımlarının yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Ülkemizde 2013 yılı Mart ayı sonu itibariyle 405 adet hidroelektrik santral elektrik üretimi yapmaktadır. Bu santraller Şekil 2'de görüldüğü gibi yaklaşık 20092 MW'lık bir kurulu güce ve toplam ekonomik potansiyelin yaklaşık % 35'ine karşılık gelen 40000 GWh'lık ortalama elektrik üretim kapasitesine sahiptir (DSİ ve EÜAŞ faaliyet raporları, 2013).



Şekil 1. Türkiye toplam kurulu güç gelişimi



Şekil 2. Türkiye hidrolik potansiyel kurulu güç gelişimi

Hidroelektrik enerji ve Karakaya Hidroelektrik Santrali

Hidroelektrik enerji

Enerji olarak kullanılan en büyük ve en ucuz kaynaklardan birisi sudur. Suyun akış enerjisinden faydalanılarak, elektrik enerjisi elde etmek için kurulan santrallere ise hidroelektrik santrali adı verilir. Hidroelektrik santrallerde suyun akım enerjisi, su türbinler aracılığı sayesinde mekanik enerjiye ve bu mekanik enerjide su türbinlerinin tahrik ettiği generatörler vasıtası ile elektrik enerjisine çevrilmektedir. Üretilen elektrik enerjisi, enerji nakil hatları ile şalt sahaları ve trafo merkezlerine, oradan da tüketicilere dağıtılmaktadır.

Hidrolik türbinler, suyun hidrolik akım enerjisini devamlı olarak döner rotorlar yardımı ile mekanik enerjiye çeviren dinamik hidrolik makinalardır. Hidrolik makinalar, su türbinleri ve su çarkları olmak üzere ikiye ayrılırlar. Su türbinlerinin dinamik hidrolik makinalar olmasına karşın, su çarkları su ağırlığı kuvveti makinalarıdır. Hidrolik türbinlerde türbin rotoru kanatlarının aralıklarından geçirilen suyun basınç enerjisi, dönen türbin rotorunun kanatlarının aralıklarında mekanik enerjiye dönüşürler.

Hidrolik türbinlerde meydana gelen enerji dönüşüm olaylarına şöyle bir açıklık getirilirse; baraj gölünde yükseklikten dolayı suyun saklı bir enerjisi vardır. Bu enerji suyun potansiyel enerjisidir. (E_p) Suyun bu akış enerjisi tünel veya cebri borularla hidrolik santraldeki türbin çarkına gönderildiğinde hızlanmadan dolayı kinetik enerjiye dönüşür. (E_k) Türbinin dönmesi sonucu meydana gelen işe de mekanik enerji denir. (E_m) Türbin miline bağlı olarak dönen generatör rotor ve statoru yardımı ile mekanik enerji elektrik enerjisine dönüşür.

Su türbinlerinde hidrolik kuvvet yardımı ile elektrik enerjisi üretebilmek için, suyun belli bir hızına ihtiyaç vardır. Bu da ancak bir su düşüştü ve bu düşüye uygun bir basınç farkının olmasıyla sağlanır. Hidrolik santrallerde düşü, göldeki su seviyesi (mamba) ile çıkış suyu seviyesi (mansap) arasındaki farktır. Ancak bu düşü brüt hidrolik düşüdüdür. Bir hidrolik santralin su iletim tesislerinde su moleküllerinin sürtünmeleri nedeniyle ve cebri boru dirsek bölgelerinde kayıplar meydana gelmektedir. Meydana gelen bu kayıpların toplamına $\sum H_k$ ve santralin brüt hidrolik düşüsüne H_{geo} denilirse, bu santralin net hidrolik düşüsü;

$$H_{net} = H_n = H_{geo} - \sum H_k \quad (m) \quad (1)$$

şeklinde dir.

Bir su kuvvetinden elde edilecek N gücü, suyun H_n net düşüsü, türbinden geçen saniyedeki Q su debisi ve de suyun özgül ağırlığı γ ile

belirlenmektedir. Bu N gücünü, türbinin hidrolik ve mekanik kayıplarına bağlı olarak tespit edilen türbin verimini (η) de göz önünde bulundurarak aşağıdaki (2) nolu eşitlik ile hesaplayabiliriz (Başeşme, 2003).

$$N = \frac{\gamma * Q * H_n * \eta}{102} \quad (kW) \quad (2)$$

Hidroelektrik santrallerde, şartlara göre performans ve verimlerinde en çok değişiklik görülen teçhizat türbinlerdir. Türbinlerin verimleri yüke, suyun debisine, hidrolik düşüye, kavitasyon sonucu aşınmaya ve vorteks gibi hidrolik akım olaylarına bağlı olarak değişiklik gösterirler. Türbinler, akışkanın potansiyel ve kinetik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinalardır. Türbin tipinin seçiminde, türbinin yerleştirileceği mahallin karakteristik özellikleri önem arz eder. Ayrıca, debi ve düşü değerlerine bağlı olarak hesaplanan özgül hız (n_g) değerlerine bakılarak da türbin tipinin seçimi yapılır.

Türbinin mil gücü ise aşağıdaki (3) nolu eşitlik yardımı ile hesaplanabilmektedir (Başeşme, 2003).

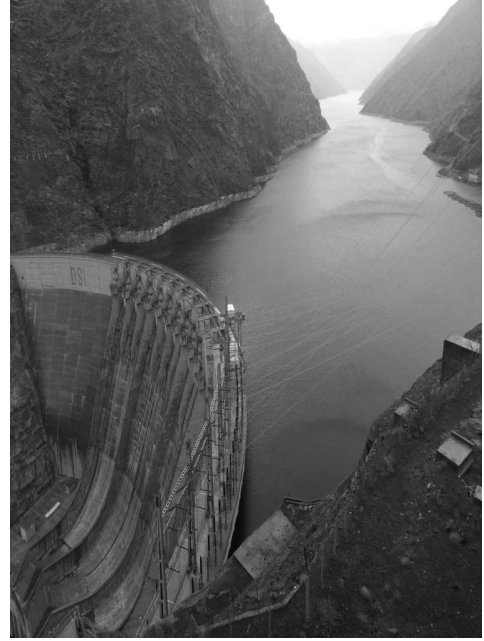
$$P_m = Q * \rho * g * H_n * \eta \quad (W) \quad (3)$$

Karakaya Hidroelektrik Santrali (HES)

Diyarbakır ilinin, Çüngüş ilçesine 30 km mesafede tesis edilmiş olan Karakaya HES, 1800 MW kurulu gücünde olup, günde 21 milyon kWh olmak üzere yılda 7.5 milyar kWh elektrik enerjisi üretim kapasitesindedir. Santralde üretilen enerji 380 kV' luk Keban 1, Keban 2, Atatürk, Diyarbakır ve 154 kV' luk Kahta, Siverek, Elazığ, Diyarbakır hatlarıyla enterkonnekte sistemine aktarılmaktadır. Kurulu güç bakımından Atatürk HES'den sonra Türkiye'nin 2. büyük hidroelektrik santralidir.

Şekil 3'de santral ve baraj gölünden bir görünüşü verilen Karakaya HES'in baraj gövdesi 225 m yarıçaplı beton kemer ağırlık

tıplıdır. Dolu kret uzunluğu 462 m ve beton hacmi ise 2 milyon metreküptür.



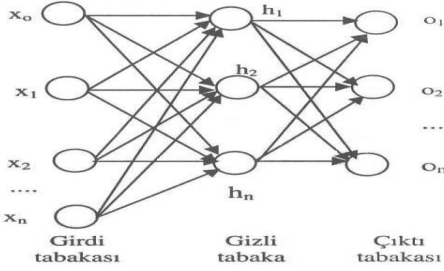
Şekil 3. Karakaya hidroelektrik santrali ve baraj gölünden bir görünüş

Yapay sinir ağları ve örnek uygulaması

Yapay sinir ağları (ysa)

Genel anlamda yapay sinir ağları, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanmakta olup, sayısal bir modelleme tekniğidir. Yapay sinir ağları, bir veya daha fazla girdi ve çıktı arasındaki muhtemelen doğrusal olmayan ilişkinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının iki aşamalı çalışma şekli bulunmaktadır. Bunlardan biri, eğitime, diğeri ise test (kullanma) aşamasıdır. Bir yapay sinir ağlarının kullanılabilmesi için önce eğitilmesi

gerekmektedir. Yapay sinir ağları Şekil 4’de görüldüğü gibi temel olarak girdi, gizli ve çıktı tabakaları olmak üzere üç tabakadan oluşmakta ve her tabakada birçok nöron bulunmaktadır.



Şekil 4. Üç tabakalı bir yapay sinir ağı

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin çalışma mekanizmasını taklit ederek beynin öğrenme, hatırlama, genelleme yapma yolu ile yeni bilgiler türetebilme gibi temel işlevlerini gerçekleştirmek üzere geliştirilen mantıksal yazılımlardır. Günümüzde YSA; fizik, matematik, elektrik-elektronik, makine ve bilgisayar mühendisliği gibi farklı bilim dallarında farklı uygulamalarda kullanılmaktadır. YSA'nın pratikte kullanımı, genelde değişik formlarda ve yapılarla bulunan sistemleri hızlı bir şekilde sınıflandırma, verileri tahmin etme ve kontrol üzerinedir. Aslında mühendislik uygulamalarında YSA'nın geniş çaplı kullanımının en önemli nedeni, klasik yöntemlerle çözümü zor olan problemlere daha kolay çözüm getirmesidir. YSA, geniş bir alana yayılmış bilim ve mühendislik problemlerinin çözümü için matematiksel modeller kullanmak yerine gözleme dayalı ve deneyler sonucu elde edilen verilere dayanan benzetimler kullanılır (İnan, 1999).

Yapay sinir ağları, lineer olmayan karmaşık problemlerin çözümünde özellikle son yıllarda kullanılmaya başlanan alternatif bir çözüm metodudur. Bu metod, eksik verilerin tamamlanması ve enerji sistemlerin

modellenmesi konularında oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu yeni metotla yapılan çalışmalarda, tahmin edilen güneş radyasyonu değerleri, ölçülen güneş radyasyonu değerleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; YSA metoduyla bulunan değerlerin, ölçüm değerleriyle uyum gösterdiği görülmüştür (Işık vd., 2011).

Güç üretimi ve dağıtımında yük tahmininin büyük önemi vardır. Yük ihtiyacı ile ilgili kararlar, yük tahmininden elde edilen verilerle alınır. Yük tahminindeki doğruluk, ilerisi için şimdiden verilecek kararlarda ekonomik açıdan büyük kazançlar sağlayabilir. Yükü etkileyecek tahminler; sıcaklık, bağıl nem, bulutluluk oranı, basınç, rüzgar hızı ve yağmur gibi etkenler modellerde kullanılmıştır. YSA, veriler arasındaki ilişkileri modelleme kabiliyetinden dolayı yük tahminlerinde geleneksel metotlara göre büyük bir üstünlük sağlamıştır. YSA'nın diğer bir üstünlüğü ise sadece istatistiksel veriye ihtiyaç duymasıdır.

YSA, elektrik güç sistemlerinde kısa süreli yük tahmini için de uygulanmıştır. Ağın girişleri sadece geçmiş yük verilerinden oluşur. Hava değişkenleri (nem, sıcaklık vb.) kullanılmamıştır. YSA'nın çıkışı gelecek saatin yük tahminidir. Hem eğitim, hem de test veri setleri için elde edilen ortalama hata %2'den daha azdır (Eşiyok, 1996).

Elektrik ısıtmalı bir buhar generatöründen elde edilen, su devresi için ters akış yönünde sürekli dolaşan buhar yardımı ile çalışan bir ısı değiştiricisinden oluşan bir termik santralin kontrolünde YSA kullanılmıştır. Kontrol girişi olarak, buhar akışını kullanan termik santrallerinin kontrolü için YSA modellerinin uygun olduğu ve santral davranışının çevrim içi tahminleri daha hızlı elde edilebildiği için, basit ağ yapılarının karmaşık olanlara göre tercih edilebilir olduğu bulunmuştur (Milaniç vd., 1996).

Akarsuların taşıdıkları katı madde miktarlarının bilinmesi ve toplam katı miktarının

hesaplanması, özellikle baraj hazneleri gibi su depolama yapılarının planlanması ve projelendirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Barajların ekonomik olarak projelendirilmesinde katı madde tür ve miktarının doğru olarak tahmin edilmesi zorunludur. YSA yöntemi ile günlük yağış değerleri girdi olarak kullanılıp, günlük toplam nehir askı maddesi tahmini yapılmıştır. Bu sonuçlar göstermiştir ki, ölçümlerin çok az olduğu ya da hiç yapılmadığı havzalardaki hidrolojik büyüklüklerin tahmini YSA yapılabilmesinin önemi ortaya çıkmıştır (Güldal vd., 2005).

Çalışmada kullanılan ysa modeli

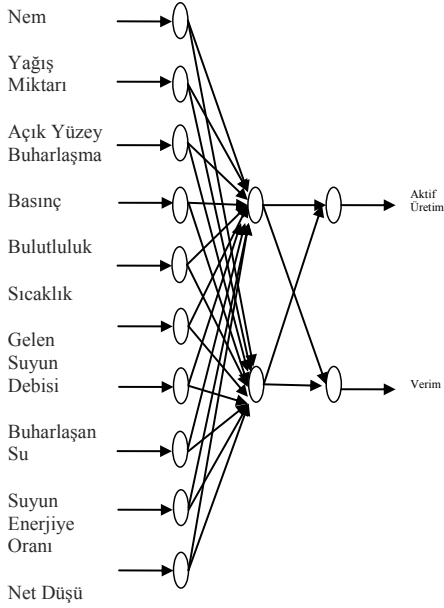
Küresel ısınma, kuraklık, buharlaşma, yağış miktarı, sıcaklık, akarsuların akış miktarı, nem, radyasyon, rüzgar hızı ve toprağın nem durumu hidroelektrik üretimini etkileyen iklimsel değişkenlerdir. Hidroelektrik üretimi; sıcaklık, buharlaşma, yağış miktarı, nem ve diğer iklimsel parametrelere bağlı olan su miktarına (debi) bağlıdır. Yağış miktarındaki değişim, hidroelektrik santralindeki üretilecek enerji miktarını büyük ölçüde etkilemektedir (Çınar, 2007).

Bu çalışma kapsamında meteorolojik ve santral verilerine bağlı olarak, Karakaya Hidroelektrik Santralinin verim ve üretim değerlerinin tahmini amacıyla bir yapay sinir ağı oluşturmak için MATLAB 7.10.0 (R2010a) programı kullanılmıştır. Bu YSA modelinde; santral göl havzasının bulunduğu bölgenin meteorolojik verilerden, ortalama nem (%), yağış miktarı (mm), açık yüzey buharlaşma miktarı, ortalama basınç (hPa), ortalama bulutluluk ve ortalama sıcaklık (°C) değerleri ile, santral verilerinden ise gelen suyun debisi (m^3/s), buharlaşan su (m^3), suyun enerjiye oranı (m^3/kWh) ve ortalama net düşü (m) verileri giriş verileri olarak alınmıştır. Giriş verileri son beş yıla ait (2007-2011) üç günlük ortalamalar alınarak, bir yapay sinir ağının eğitilmesinde kullanılmıştır (EÜAŞ Karakaya Hes Faaliyet Raporları, DMİ Verileri, 2013).

Veriler arasından; Şekil 5’de gösterildiği üzere, meteorolojik ve santral verileri giriş, hidroelektrik santralin üretim ve verim değerleri de çıkış bilgisi olacak şekilde akıllı sistemlerin çalışması düzenlenmiştir. Çalışmada incelediğimiz Karakaya HES havzasındaki illerin günlük verileri 5 yıl için DMİ’den temin edilmiştir. Dolayısıyla bir giriş parametresi; her bir il için yaklaşık 1800 gerçek veri olup, havza için ise 5400 veri incelenmiştir. Ancak modelde, her bir yılın günlük ortalaması ve bu ortalamaların sonucunda elde edilen verilerin 3 günlük ortalamaları dikkate alınmıştır. Modelde her bir giriş parametresi için kullanılan veri sayısı 120’dir. Sonuçta Şekil 7 ve Şekil 8’deki grafiklerde görülen her data point yılın 1. ayından başlamak üzere tüm ayları temsil etmektedir.

İlk 4 yıllık veriler yapay sinir ağının eğitimi ve son yıl verileri ise testi için kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan YSA modeli, farklı tabaka ve nöron sayıları için denenmiştir. Sonuç olarak en iyi çözüm mimarisini 1000 iterasyon sonucu Şekil 5’de görülen tek gizli tabaka (2 nöronlu) ve 10 giriş nöronuna sahip ileri beslemeli YSA modelini temsil etmektedir. Yapay sinir ağını eğitmek için geriye yayılma algoritması trainLm ve eşik aktivasyon (sigmoid) fonksiyonu seçilmiştir.

Karakaya HES göl havzasının bulunduğu Diyarbakır, Elazığ ve Adıyaman illerinin meteoroloji istasyonlarından, 2007 ve 2011 yılları arası 5 yıla ait; ortalama nem, yağış miktarı, açık yüzey buharlaşma miktarı, ortalama basınç, ortalama bulutluluk ve ortalama sıcaklık değerleri gibi meteorolojik veriler DMİ Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir. Ayrıca Karakaya HES’e ait; gelen suyun debisi, buharlaşan su, suyun enerjiye oranı ve ortalama net düşü gibi santral verileri de EÜAŞ Karakaya HES Müdürlüğü’nden temin edilmiştir.



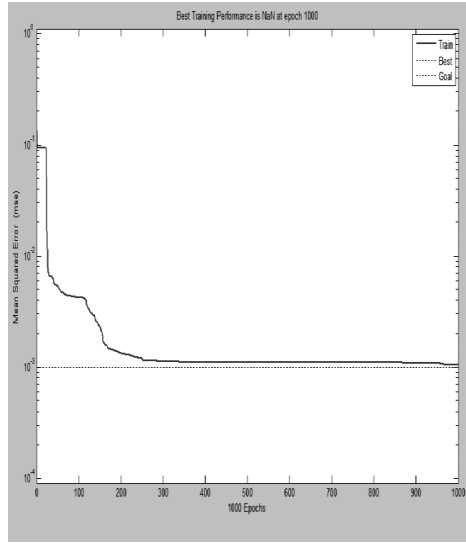
Şekil 5. Çalışmada kullanılan YSA modeli

Temin edilen bu 5 yıllık meteorolojik ve santral verilerinin 3'er günlük ortalamaları Excel programında hesaplanarak, her bir parametre için 120 değer elde edilmiştir. Temin edilen bu veriler YSA'yı eğitmek için kullanılmıştır. 6 adet meteorolojik verisi ile 4 adet santral verisinden oluşan toplam 10 girişli ve Karakaya HES'in aktif üretim ve verim tahmininden oluşan 2 çıkışlı bir modelleme oluşturulmuştur. Modelden elde edilen aktif üretim ve verim değerleri, ölçülen gerçek değerlerle uyum göstermiş ve regresyon değeri (R^2) 0.99 olarak bulunmuştur.

YSA modeli olarak Geri Yayımlı (GY) çok katmanlı yapay sinir ağları kullanılmıştır. YSA modelinin performansı orta katmandaki nöron sayısı, giriş sayısı, öğrenme katsayısı gibi parametreler değiştirilerek, deneme yanılma yolu ile en iyi sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Oluşturulan YSA modeli ile Karakaya HES'in bir sonraki yıla ait aktif

üretim ve santral genel verimleri düşük bir hata oranıyla tahmin edilmiştir. YSA modellemesinde Levenberg-Marquardt (LM), öğrenme algoritması kullanılmıştır.

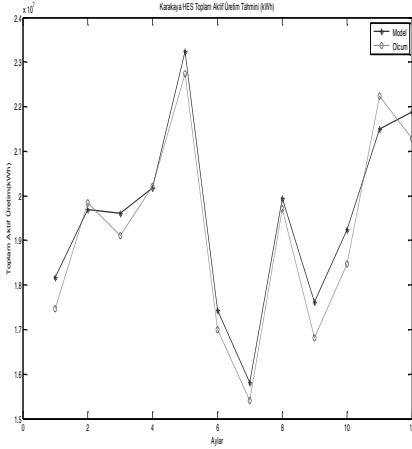
Bu çalışmada, çeşitli ara katman sayıları kullanılmıştır. Yapılan YSA modelleme çalışmalarında değişik algoritmalar denenmiş ve en uygun çözüm bulunmuştur. Şekil 6'da YSA algoritmasının eğitim verilerinin amaç değerine yakınsaması verilmiştir. Yaklaşık bin iterasyon sonucunda ortalama karesel hata (MSE) değerinde hedeflenen 1×10^{-3} değerine ulaşılmıştır.



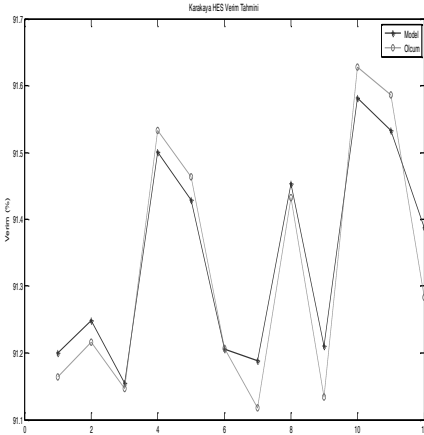
Şekil 6. LM algoritması için eğitim yaklaşımı ile ortalama kare hatasının değişimi

Bu sonuç, meteorolojik ve santral verileri yardımcı ile (girdi verileri), diğer hidroelektrik santrallerinde üretim ve verim değerlerinin büyük bir doğrulukla tahmin edileceğini göstermiştir. Model ve gerçek değerler arasındaki grafikler Şekil 7 ve Şekil 8'de görülmektedir.

Karakaya HES'de verim ve üretim parametrelerinin yapay sinir ağı ile tahmini



Şekil 7. Karakaya HES için YSA ile tahmin edilen aktif üretim değerlerinin, gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırılması



Şekil 8. Karakaya HES için YSA ile tahmin edilen verim değerlerinin, gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırılması

Semboller

- H_n : Net düşü (m)
 H_{geo} : Brüt (geometrik) hidrolik düşü (m)
 $\sum H_k$: Kayıp hidrolik düşü (m)
 P_m : Mil gücü (W)
 N : Güç (W)
 n_g : Özgül hız (dev/dak)
 Q : Hacimsel debi (m^3/s)
 ρ : Suyun yoğunluğu (kg/m^3)
 g : Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
 η : Verim (%)
 γ : Suyun özgül ağırlığı (kg/m^3)

Sonuçlar

Ülkemizde her yıl yaklaşık % 8 artan enerji talebinin karşılanabilmesi için özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yöneliş gösterilerek kaynak çeşitliliği oluşturulmalıdır. Halen dünyada enerjinin bel kemiğini oluşturan fosil kaynaklı yakıtlar gün geçtikçe hem tükenmekte, hem de fiyatları sürekli artan bir eğilim sergilemektedir. Ülke elektrik üretiminde doğalgaza bağımlılığımız düşünüldüğünde, elektrik enerjisi üretimimizin dış bağımlılıktan kurtarılacak talebin kesintisiz, güvenilir ve düşük maliyetlerle karşılanması zaruret haline gelmiştir. Arz güvenliğimizin sağlanması; yeterli miktarda bulunan hidrolik enerji başta olmak üzere tüm yeni, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile mümkün olabilmektedir.

Doğu Anadolu Bölgesi'nin su ve elektrik enerjisi potansiyeli; ülke gayri safi milli hâsılasına her yıl milyarlarca dolar katkıda bulunmasını sağlayarak, bölge insanı yanında ülke insanının da refah ve gelir düzeyini artırmada yardımcı olmaktadır. Özellikle Fırat havzası üzerinde bulunan Karakaya hidroelektrik santralinin ülke ve özellikle bölge ekonomisine çok büyük katkısı bulunmaktadır. Sadece elektrik enerjisi olarak kuruluşundan beri Karakaya HES'in ise 183952 GW üretimde bulunmuş ve ülke ekonomisine yaklaşık 23 milyar USD getirisi olmuştur. Bu gelir; ülke dış ticaret açığının daha çok artmasını engellediği gibi enerji arzımız açısından da çok önemlidir.

Ülke ekonomisine bu derece önemli katkısı olan hidroelektrik santrallerin, en verimli bir şekilde çalıştırılması ve maksimum düzeyde enerji üretmeleri için, verimi etkileyecek her türlü etkenlerin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Özellikle geçmiş dönemlerdeki meteorolojik değerlerin santralin veriminde ve üretiminde ne kadar bir etkisi olduğu incelenmeli, gelecek dönemlere dair verim ve üretim tahminleri akıllı sistemlerle yapılmalıdır. Ülkenin elektrik enerjisi ihtiyacının artacağı bilinen sonraki yıllar için, mevcut santrallerin üretebilecekleri enerji miktarlarının yaklaşık değerleri, büyük bir doğrulukla tahmin edilebilecektir.

Bu çalışmada, akıllı sistem uygulamalarının bir türü olan YSA ile Karakaya HES için 2007-2011 yılları arasındaki 5 yıllık meteorolojik verilere göre üretim ve verim tahmini yapılmıştır. Karakaya Hidroelektrik Santralının aktif üretim değeri, ve santralin enerji verimi yüksek bir performans ve çok düşük hatalarla tahmin edilmiştir. Bu çalışma diğer hidroelektrik santrallerine de uygulanarak, elektrik piyasasının arz talep dengesi için bir kaynak oluşturması sağlanabilecektir.

Kaynaklar

- Başışme, H., (2003). “*Hidroelektrik Santraller ve Hidroelektrik Santral Tesisleri*”, Ankara.
- Çınar, D., (2007). “Hidroelektrik Enerji Üretiminin Hibrid Bir Model İle Tahmini”, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği.
- DMİ Meteoroloji Genel Müdürlüğü (TUMAS). www.mgm.gov.tr
- DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü). www.dsi.gov.tr
- Eşiyok, E., (1996). “*Güç Sistemlerinde Yapay Zeka Uygulamaları*” 3e Enerji, Elektrik, Elektromekanik, Sayı 22, 64-70.
- EÜAŞ (Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü) Faaliyet Raporları. www.euas.gov.tr
- EÜAŞ Karakaya HES İşletme Müdürlüğü Faaliyet Raporları.
- Güldal, V., Tayfur, G., (2005). “Akarsularda Günlük Toplam Askı Maddesi Miktarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini” *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu*, Kocaeli.
- İnan, A., (1999). “*Yapay Sinir Ağlarının Güç Sistemlerinde Kullanım Alanları*”, Kaynak Elektrik, Sayı 119.
- Işık, E., İnalı, M., (2011). “*Global Radiation Predict by Using Artificial Neural Network for Tunceli City*”, e-Journal of New World Sciences Academy, ISSN: 1306-3111, 6(1), NWSA-4047-1.
- Milanic, S. ve Karba, R., (1996). “Neural Network Models for Predictive Control of a Thermal Plant” In: Proc. of the Int. Conf. EANN, 96, London, UK, 151-154.
- TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü) Faaliyet Raporları. www.teias.gov.tr