

Enerji İletim Hatlarının Meydana Getirdiği Elektromanyetik Alanların Yapay Sinir Ağları ile Tahmini

Nihat PAMUK

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) 5. İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü/SAKARYA
Alınış Tarihi:19.08.2011, Kabul Tarihi:18.11.2011

Özet: Elektromanyetik alanlar, birçok doğal ve insan yapımı kaynaklar tarafından üretilmekte ve hayatımızda önemli bir rol oynamaktadır. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak tasarlanan elektrik ve elektronik bileşenli sistemlerin sayısındaki artış nedeniyle, çevremizdeki elektromanyetik alanların maruziyet seviyesi günden güne artmaktadır. Enerji iletim hatları yüksek gerilim ve üzerinden taşıdıkları akımlar nedeniyle çevrelerinde çok düşük frekanslı (ELF) elektromanyetik alanlar meydana getirmektedir. Güç aktarım sistemlerindeki elektromanyetik alanlar ise, genellikle kesici, ayırıcı gibi cihazların çalışmaları esnasında oluşmaktadır. İletim hatlarının etrafındaki elektromanyetik alanların verilen bir noktadaki seviyesi hat yapılandırmasına, hat gerilimine ve hat akımına bağlıdır. Bu alanların hesabı, güç sistemlerindeki karmaşık yapılara göre daha kolaydır. Bu çalışmada örnek bir enerji iletim hattının normal işletme koşullarında, çevresinde meydana getirdiği çok düşük frekanslı (ELF) elektromanyetik alan şiddeti seviyeleri incelenmiş olup, bunların tahmini için yapay sinir ağları tabanlı bir metot geliştirilmiştir. Geliştirilen metot örnek enerji iletim hattı üzerinde denenmiş ve elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Elektromanyetik alan, Enerji iletim hatları, Yapay sinir ağları, Tahmin.

The Estimation of Electromagnetic Fields Caused by Energy Transmission Lines Using Artificial Neural Networks

Abstract: Electromagnetic fields are produced by natural and manmade sources. They have entered into our daily life. The number of electric and electronic based systems have increased in concur with technological development. As a result, the exposure level of electromagnetic fields is increasing our environment day by day. Energy transmission lines produce (Extremely Low Frequency) ELF electromagnetic fields in its surrounding are because of having high voltage and currents. In power transmission systems electromagnetic fields are generally created by the breaker, the separators connected to the system. The levels of electromagnetic fields around the transmissions lines are depend on the line configuration, the line voltage and the line current. Calculations of these fields are very easy comparing the complex structures like power systems. In this study, ELF electromagnetic field around a sample energy transmission line is investigated in regular operating conditions. An artificial neural network based method is developed to estimate these ELF fields. The method is tested for a sample energy transmission line and the obtained results were analyzed.

Keywords: Electromagnetic field, Energy transmission lines, Artificial neural network, Estimation.

Giriş

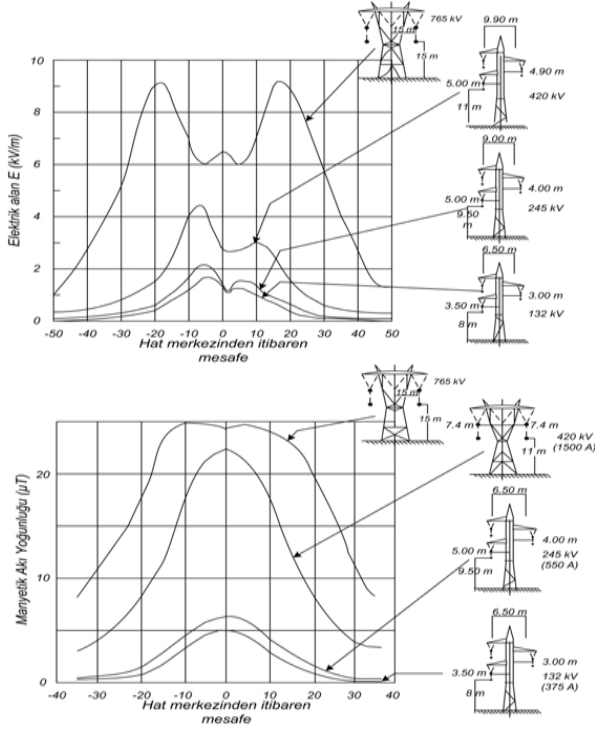
Elektrik enerjisi, üretim santrallerinden enerji iletim hatları ile dağıtım merkezlerine, oradan da dağıtım hatları ile tüketicilere sunulmaktadır. Enerji iletim hatları ve güç santralleri gibi yüksek gerilim ve akım ile çalışan elektrik güç sistemleri çevrelerinde yüksek elektromanyetik alanlar oluştururlar. Oluşan bu elektromanyetik alanlar, frekansları ya da dalga boylarıyla tanımlanır. Frekans ekseninde, tüm elektromanyetik alan türlerini bir arada gösteren çizelgeye elektromanyetik spektrum denir (Davis ve Bennet, 1993). Spektrumun üst ucunda gama ışınları, yüksek enerjili x ışınları, alt ucunda ise çok düşük frekanslı (ELF) alanları vardır. Bu elektromanyetik alanların frekansı 3000 Hz'den düşük, dalga boyları ise binlerce kilometredir. Enerji iletim hatlarının oluşturduğu 50 Hz frekansındaki elektromanyetik alanlar bu sınıfa girmektedir. Endüstriyel frekanslı elektromanyetik alanların insan sağlığı üzerinde olumsuz etki oluşturduğu düşüncesi ile yüksek gerilim hatları çevresindeki elektromanyetik alanların hesabına ve ölçülmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Uluslararası anlamda ilk örnek çalışma 1990 yılında yapılmıştır. Söz konusu çalışma Radyasyondan Korunma Birliği Komitesi, Dünya Sağlık

Örgütü Çevre Sağlığı bölümünün işbirliği ve Birleşmiş Milletler Çevre Programının desteği ile 50/60 Hz'lik elektrik ve manyetik alan sınır değerlerinin tespit edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada enerji iletim hatlarının çevresinde oluşan bu (ELF) alanların ölçülmesi, analitik ve sayısal yaklaşımlarla hesaplamaların yapılması ve etkilerinin belirlenmesi için çok düşük frekanslı elektromanyetik alanlar incelenmiştir. 154 kV üç fazlı enerji iletim hatlarının iletkenleri yatay düzende yerleşik bir yüksek gerilim hattı için elektromanyetik alan hesabı yapılmıştır. Hesaplanan bu alanların tahmini için yapay sinir ağları tabanlı bir metot geliştirilmiştir.

Enerji İletim Hatlarındaki Elektromanyetik Alanların Modellenerek Hesaplanması

Güç tesisleri, sürekli hal koşullarında çalışırken etraflarında şebeke frekanslı elektromanyetik alanlar üretirler (Ari vd., 1987). Enerji iletim hatları için, bu alanların verilen bir noktadaki seviyesi, hat yapılandırmasının yanı sıra sırasıyla hat gerilimi ve hat akımına bağlıdır. Elektromanyetik alanlar, elektrik ve manyetik alan olmak üzere iki bileşene ayrılır. Elektrik

alanı akımdan ziyade yüke bağlı olmasına karşın, manyetik alan pratik olarak akımla orantılıdır (Teaş, 2001). Şekil 1’de enerji iletim hatları tarafından üretilen şebeke frekanslı alanlar gösterilmiştir.



Şekil 1. Enerji iletim hatları tarafından üretilen şebeke frekanslı alanlar [Jdanov, P.S., 1980]

Güç sistemlerine ait santral ve trafo merkezlerindeki elektrik ve manyetik alanların hesaplanması enerji iletim hatlarına göre daha karmaşık bir yapıya sahip olduğundan, daha gelişmiş metotlara ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji iletim hattı çevresinde ölçülen elektrik ve manyetik alan değerleri; ölçümün yapıldığı koşul ve zamandaki akım değerlerine, hattın gerilim düzeyine, hattın yüksekliğine, sehimine, arazi koşullarına, iletken cinsine, her fazdaki iletken sayısına vb. etmenlere bağlı olarak değişim gösterirler (Ulyanov, 2004). Tesis edilmiş ve işletmede olan enerji iletim hatları için elektromanyetik alanı tespit etmenin en sağlıklı yolu ölçme yapmaktır. Bunun dışındaki haller de ve özellikle, planlama aşamasında olan hatların elektrik alanı ve manyetik alanının belirlenmesi için en önemli işlevsel yapılar ise matematiksel modellerdir (Meeda ve Miyajima, 1999). Bir enerji iletim hattı kurulmadan önce, o hattın planlanan akım ve gerilim değerlerine, kendinin ve bulunduğu ortamın fiziksel özelliklerine ve tasarım değerlerine göre ve arzu edilen değişik koşullar için elektrik ve manyetik alanının belirlenmesi gerekmektedir.

Elektrik Alan Hesabı

Enerji iletim hatlarında elektrik alan hesabının yapılabilmesi için önce uygun bir yük tipi belirlenmesi gerekmektedir. Enerji iletim hatlarının meydana getirdiği elektrik alanı sonsuz çizgisel bir yük tipi ile modellenir (Jdanov, 1980). Yarıçapı sonsuz küçük, düzgün yüklü ve

çok uzun çizgisel bir yük kaynağının alanı, eksenine simetrik olup, radyal doğrultudadır. Çizgisel yük kaynağının elektrik alan çizgileri iletken yüzeyini dik olarak keser. Sonsuz çizgisel yükün potansiyel ifadesi;

$$V = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{h}{r_1} = -\frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{h}{r_2} \quad (1)$$

$$V = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{h}{r_1} = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{h} \quad (2)$$

$$V = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{h}{r_1} = -\frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{h} \quad (3)$$

$$V = \frac{q}{2\pi\epsilon} \left\{ \ln \frac{h}{r_1} - \ln \frac{r_2}{h} \right\} \quad (4)$$

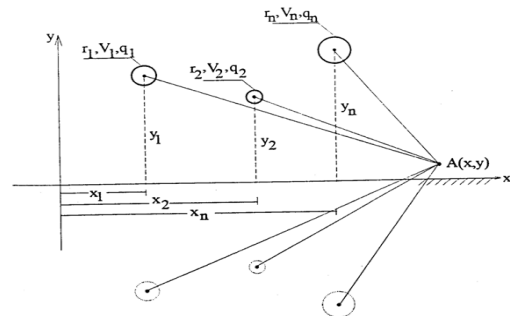
$$V = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (5)$$

$$V = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \sqrt{\frac{(x-x_1)^2 + (y+y_1)^2}{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}} \quad (6)$$

bağıntısı ile hesaplanır. İletim hatlarında yükün potansiyel ifadesi ve görüntünün potansiyel ifadesi birleştirilerek (6) ifadesindeki potansiyel katsayı elde edilir. Bu ifadede r_1 , q yükünün iletken çeperine olan uzaklığıdır, r_2 ise $-q$ yükünün iletken çeperine olan uzaklığıdır. V ise sınır noktası potansiyelidir ve iletken gerilimine eşittir. Yük görüntüsü kartezyen koordinat eksenine çakıştırılır. Bu durumda bilinmeyen q değeri bulunur. Enerji iletim hatlarındaki gerilim değeri karmaşık bir büyüklük olduğundan, (6) ifadesindeki potansiyel değeri bulmak için her bir faz gerilimi kullanılır. Enerji iletim hatlarında birden fazla iletken bulunduğu için n adet iletkenli bir devre için potansiyel yüklerin tamamı bulunmalıdır. İletken üzerindeki potansiyel yükler,

$$V_j = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon} \ln \sqrt{\frac{(x-x_i)^2 + (y+y_i)^2}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}} \quad (7)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Şekil 2’de n adet iletkene sahip enerji iletim hattının herhangi bir A noktasındaki iletken görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. n adet iletkenli bir enerji iletim hattı görüntüsü

A noktasının potansiyel değeri;

$$V_A = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon} \ln \sqrt{\frac{(x-x_i)^2 + (y+y_i)^2}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}} \quad (8)$$

bağıntısı ile hesaplanır. A noktasındaki elektrik alan şiddetinin x ve y bileşenleri ise;

$$E_{Ax} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i (x - x_i)}{2\pi\epsilon} \left[\frac{1}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{1}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right] \quad (9)$$

$$E_{Ay} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon} \left[\frac{(y - y_i)}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{(y + y_i)}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right] \quad (10)$$

bağıntıları ile hesaplanır. Buradan;

$$E_A = \sqrt{E_{Ax}^2 + E_{Ay}^2} \quad (11)$$

ifadesi A noktasındaki bileşke elektrik alan şiddetini vermektedir (Russel vd., 1984). Hesaplanan q yük değerleri kullanılarak kontrol noktası potansiyelleri bulunur. Kontrol noktasının koordinatları iki boyutludur.

Manyetik Alan Hesabı

Enerji iletim hatları manyetik alan kaynaklarının en başında gelmektedir. Yeni kurulacak iletim hatlarının tasarım aşamasında manyetik alan şiddetinin standartlarda ön görülen değerlerin üzerinde olup olmadığının tespit edilmesi için manyetik alan hesabı büyük önem kazanmaktadır (Ulyanov, 2004). Enerji iletim hatlarının manyetik alan hesabı, toprak üzerinde havaya yerleştirilen paralel hatların iki boyutlu analizleri kullanılarak yapılmaktadır. Enerji iletim hatlarının etrafındaki manyetik alan şiddeti Biot-Savart kanununa göre belirlenmektedir (Robert ve Olsen, 1993). Bu yasaya göre içinden I akımı akan bir iletkenin r uzaklığındaki bir noktada oluşacak olan manyetik alan şiddeti;

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (12)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Üç iletkenli bir enerji iletim hattındaki manyetik alan hesabı, her bir iletkenin geçen akımın manyetik alana katkısı hesaplanarak yapılmaktadır. Koordinatları x_p, y_p olan bir noktanın koordinatları x_i, y_i olan bir noktaya (iletkene) olan uzaklığı;

$$r_i = \sqrt{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \quad (13)$$

bağıntısı ile hesaplanır. İletkenden akan akımın oluşturduğu manyetik alanın H_{xi} yatay ve H_{yi} düşey bileşenleri ise;

$$H_{xi} = \frac{I_i}{2\pi} \cdot \frac{y_p - y_i}{r_i^2} \quad (14)$$

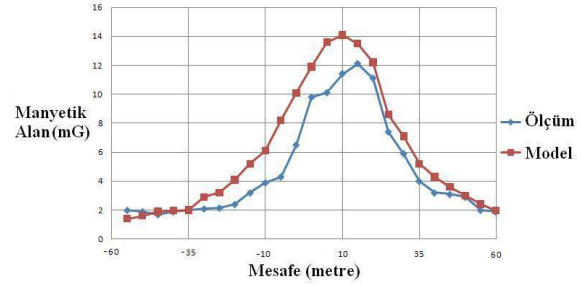
$$H_{yi} = \frac{I_i}{2\pi} \cdot \frac{x_p - x_i}{r_i^2} \quad (15)$$

bağıntıları ile hesaplanır. Manyetik alanın x bileşeni yere paralel, iletkene diktir. y bileşeni ise düşey bileşendir. Manyetik akım yoğunluğu; $B = \mu_0 \cdot H$ dir. Havanın manyetik geçirgenliği $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m dir. Buna göre n iletkenli bir enerji iletim hattının herhangi bir noktada oluşturduğu H bileşke manyetik alan şiddeti;

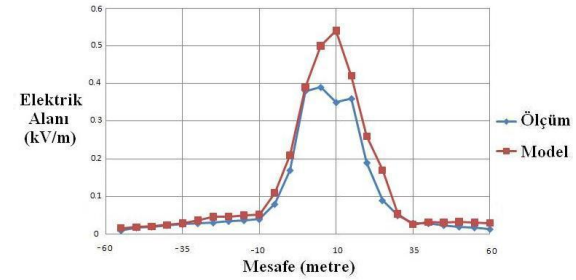
$$H = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n H_{xi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n H_{yi}\right)^2} \quad (16)$$

bağıntısı ile hesaplanır (Davis ve Bennet, 1993). 154 kV'luk, üç fazlı tek devreli, iletkenleri yatay düzlemde

yerleşik örnek bir yüksek gerilim hattı için manyetik alan dağılımı analizi yapılmıştır. Hat iletkenleri sonsuz uzunlukta, birbirine ve yere göre paralel olduğu kabul edilmiştir. Toprağın manyetik geçirgenliği havanın manyetik geçirgenliğine göre çok yakın olduğu için çözümlenmede toprağın etkisi ihmal edilmiştir. 154 kV'luk örnek bir enerji iletim hattının 465 A yüklenmesi durumunda etrafında oluşacak olan manyetik ve elektrik alan şiddetleri ölçülmüş ve analitik olarak hesaplanmıştır (Teaş, 2001). Şekil 3 ve Şekil 4'de 154 kV enerji iletim hattına ait manyetik ve elektrik alan şiddeti dağılımları verilmiştir.



Şekil 3. 154 kV Enerji iletim hattına ait manyetik alan dağılımı



Şekil 4. 154 kV Enerji iletim hattına ait elektrik alan dağılımı

Elde edilen modelleme sonuçları, ölçüm değerlerinden daha yüksektir. Modelleme sonuçları ile ölçüm sonuçları arasındaki fark, ölçüm noktasında alan değerine etki eden faktörlerin (ölçüm noktasının doğrultusu ve yönüne, o andaki meteorolojik koşullara, ekranlama sağlayan bina, ağaç ve metal yansıtıcılara, ölçüm cihazının hassasiyetine) modellemeye bire bir yer almaması veya uyumlu olmamasından kaynaklanmaktadır (Robert ve Olsen, 1993).

Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin biyolojik sinir ağlarından esinlenen, bazı performans karakteristiklerine sahip paralel dağılımlı bir bilgi işleme sistemidir (Öztemel, 2003). Bu metodun en önemli özelliği, herhangi bir oluşumda fiziksel özelliklerine bakmaksızın, sadece girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi ortaya koyma ve doğrusal olmayan modelleme yapabilme yeteneğidir. Herhangi bir olay hakkında girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi, doğrusal olsun veya olmasın, elde bulunan mevcut örneklerden öğrenerek daha önce hiç görülmemiş olayları, önceki örneklerden çağrışım yaparak ilgili olaya çözümler

üretebilme özelliği YSA lardaki zeki davranışında temelini teşkil eder (Sağıroğlu vd., 2003). Birçok özelliklerinin yanında paralel çalışmasından dolayı bilgileri hızlı bir şekilde işleyebilmesi ve donanımın kolayca gerçekleştirilebilir olması YSA yöntemini başka yöntemlere göre daha cazip duruma getirmektedir. YSA yönteminde, girdiler ve çıktılar arasında pek çok hücre ve çok sayıda bağ vardır. Sinir hücreleri arasındaki bu bağlar ilişkiye göre bir aktarım değeri almaktadır ve bu değere ağırlık denmektedir. Bu ağırlıklar girilen tüm yeni verilere göre değişerek yenilenmektedir.

Basit bir yapay sinir hücresi; girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılar olmak üzere beş ana kısımdan oluşmaktadır (Öztemel, 2003). Girdiler, diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye girilen bilgilerdir. Ağırlıklar, girdi seti veya kendisinden önceki tabakadaki başka bir işlem elemanının bu işlem elemanı üzerindeki etkisini ifade eden değerlerdir. Toplama fonksiyonu girdiler ve ağırlıkların tamamının bu işlem elemanına etkisini hesaplayan bir fonksiyondur. Bu fonksiyon bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Girdi bileşenlerindeki ağırlıkların tümü;

$$(\text{net})_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i + b \quad (17)$$

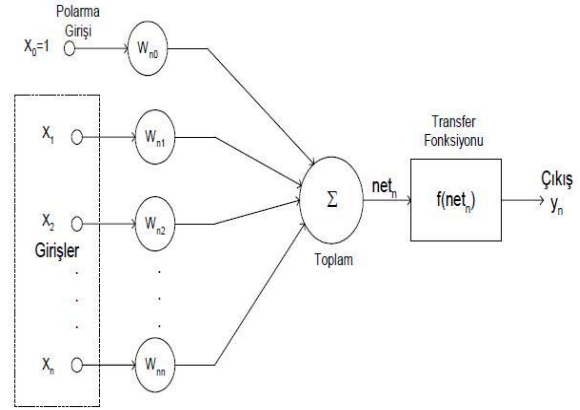
bağıntısı ile hesaplanır. Burada; $(\text{net})_j$, n sinir hücresi ile önceki tabakadan alınan girdinin j. sinir hücresinin toplam ağırlığı, w_{ij} önceki tabakadaki i. sinir hücresi ve j. sinir hücresi arasındaki ağırlık, x_i önceki tabakadaki i. sinir hücresinin çıktısıdır. Aktivasyon fonksiyonu ise toplama fonksiyonundan elde edilen net girdiyi bir işlemde geçirerek hücre çıktısını belirleyen bir fonksiyondur (Allahverdi, 2002).

İleri Beslemeli Geri Yayılım Algoritması

İleri beslemeli geri yayılım algoritması (İBGYA), basitliği ve uygulamadaki görüş açısı gibi başarılarından dolayı ağ eğitimi için en popüler algoritmalarından biridir. Bu algoritma; hataları geriye doğru çıkıştan girişe azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almıştır. Geri yayımlı öğrenme kuralı ağ çıkışındaki mevcut hata düzeyine göre her bir tabakadaki ağırlıkları tekrar hesaplamak için kullanılmaktadır (Tang ve Lued, 2002).

Geril yayılım çok katmanlı ağlarda kullanılan delta kuralı için geliştirilmiştir bir algoritmadır (Marquardt, 2003). Bu algoritma çok katlı ağlarda hesap işlerini öğrenmede kullanılabilir. Geril yayılım ağında hatalar, ileri besleme aktarım işlevinin türevi tarafından, ileri besleme mekanizması içinde kullanılan aynı bağlantılar aracılığıyla, geriye doğru yayılmaktadır. Öğrenme işlemi, bu ağda basit çift yönlü hafıza birleştirmeye dayanmaktadır. İleri beslemeli geri yayılım algoritmaları yapay sinir ağında girdi, ara ve çıktı olmak üzere üç farklı birim bulunmaktadır. Her birim birçok nörondan oluşmakta olup, birimler kendi aralarında ağırlık kümeleri ile bağlanmaktadır. Bağlanma şekline göre her bir kısımdaki nöron sayısı değişmektedir. Aynı kısımdaki nöronlar arasında iletişim olmasına izin verilmemektedir.

Geril yayılım hata yayılması iki etaptan oluşmaktadır. Çıktı birimindeki çıktı bilgi sinyalleri arasındaki farklara dayanarak, bağlantı kuvvetleri üzerinde değişikliklerin yapıldığı bir geriye doğru ilerleme etabı bulunmaktadır. İleri beslemeli YSA'nın en yaygın ve en çok kullanılan modeli çok katmanlı almaç (ÇKA) modelidir (Tang ve Lued, 2002). YSA'nın en temel elemanı olan işlem birim modeli şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. YSA işlem birim modeli

Giriş vektörü x_1, x_2, \dots, x_n elemanlarının ağırlıklarla çarpımının toplamı genellikle doğrusal olmayan bir transfer fonksiyonundan $f(\text{net})$ geçirilerek işlem biriminin çıkışı;

$$y_n = f(\text{net}_n) = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ni} x_i + w_{no}\right) \quad (18)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada w_{ni} ve w_{no} ; n. işlem biriminin ağırlıkları olup, w_{no} ; $x_0=1$ olarak seçilen polarma girişinin bağlı olduğu polarma ağırlığıdır. Polarma girişinin amacı hücrenin çıkışına etki edecek zayıflatıcı etkenleri ortadan kaldırmaktır (Sağıroğlu vd., 2003). Şekil 5'de gösterilen toplam işlemi, ağ yapısına göre maksimum alan, minimum alan, ya da çarpım fonksiyonu olabilir. İşlem birimi modellerinde, gerçekleştirilecek işleme göre çeşitli tipte transfer fonksiyonları kullanılabilir. Doğrusal, doyumlu-doğrusal, eşik ve sigmoid fonksiyonlar YSA'da kullanılan başlıca transfer fonksiyonlarıdır (Allahverdi, 2002).

Q katmanlı ileri beslemeli bir ağ için geri yayılım algoritması; q = 1,2,3,4,...,Q katman numarasını, $H_i^p = q$ 'inci katmandaki i biriminin girdisini, $y_i^q = q$ 'inci katmandaki i biriminin çıktısını, $w_{ij}^q = (q-1)$ 'inci katmandaki i birimini, temsil eder. Q katmanlı ileri beslemeli bir geri yayılım algoritmasını bulmak için aşağıdaki adımlar uygulanır (Tang ve Lued, 2002).

1. Adım: w'ye reel değerli küçük rastlantısal sayıları başlangıç değeri olarak atanır.
2. Adım: Rasgele bir (giriş-hedef) çalışma modeli seçilir ve q katmanındaki her bir j birimi için ileri yönde 'çıkış' değerleri hesaplanır. Böylece çıkış eşitlik (19)'daki gibi olur.

$$y_i^q = f\left(\sum_i y_i^{q-1} w_{ij}^q\right) \quad (19)$$

3. Adım: Çıkış birimleri için hata terimleri hesaplanır.

$$\delta_i^Q = y_i^Q - y_i^P \cdot f' \cdot H_i^Q \quad (20)$$

4. Adım: $q = Q, Q-1, \dots, 2$ katmanlarındaki tüm i birimleri için geriye yayılımla deltaları yani gizli katman birimleri için hata terimleri hesaplanır.

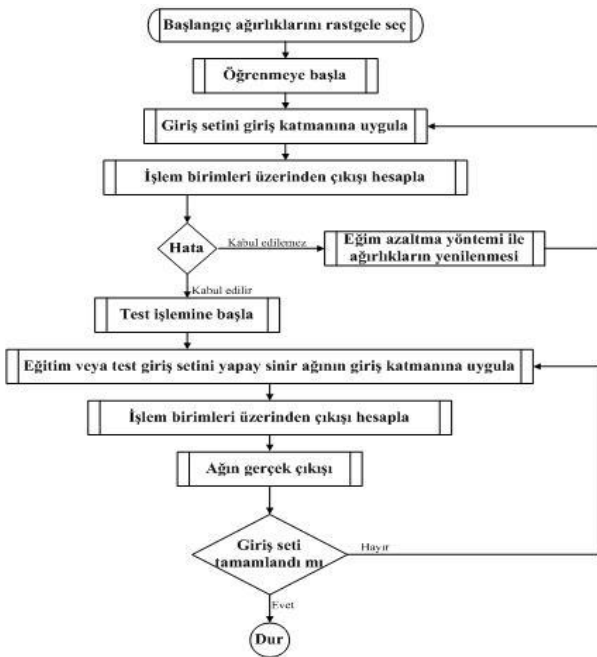
$$\delta_i^{q-1} = f' \cdot H_i^{q-1} \sum_j \delta_j^q w_{ij}^q \quad (21)$$

5. Adım: Bütün bu ağırlıklar w_{ij} ifadeleri kullanılarak güncellenir.

$$w_{ij}^{\text{yeni}} = w_{ij}^{\text{eski}} + \Delta w_{ij}^q \quad (22)$$

$$\Delta w_{ij}^q = \eta \delta_i^q y_j^{q-1} \quad (23)$$

6. Adım: 2. adıma dönüp, toplam hata kabul edilebilir bir düzeye gelene kadar her bir p modeli için işlemler tekrarlanır. Çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritmasının akış şeması şekil 6'da verilmiştir.



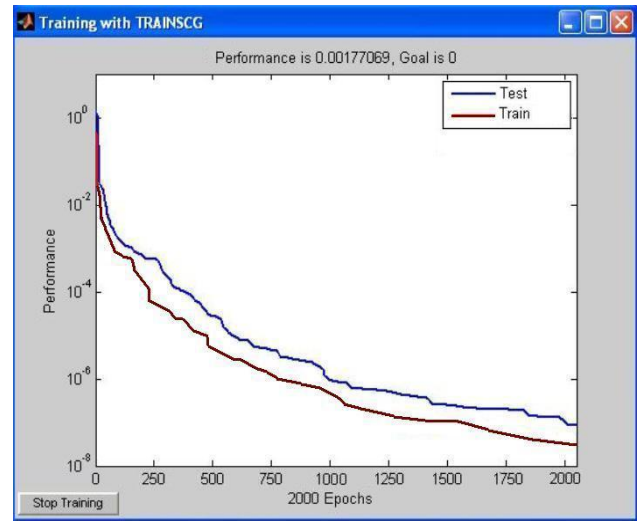
Şekil 6. Çok katmanlı ileri beslemeli geri yayılım algoritması akış şeması

Geri yayılım algoritmasının amacı uygunluk fonksiyonunu minimum yapmaktır. Uygunluk fonksiyonu YSA'nın ağırlık değerlerine bağlı olduğundan, algoritma YSA ağırlıklarının en uygun biçimde değiştirilmesi işlemlerinden oluşmaktadır.

Yapay Sinir Ağları Modelinin Tasarlanması

Tasarlanan YSA modelinde çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı ile geri yayılma algoritması kullanılmıştır. Gizli tabaka ve çıkış tabakasındaki hücre çıkışlarında doğrusal olmayan sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Enerji iletim hatlarındaki elektromanyetik alan değerlerinin tahmini için yerden 7 metre yükseklikte olan örnek bir 154 kV enerji iletim hattı üzerinde yapılan ölçümler kullanılmıştır (Teiaş, 2010). Yapay sinir ağı modelinin eğitim ve testinde girdi olarak; x ve y

koordinatları, çıktı olarak ise manyetik alan ve elektrik alan değerleri kullanılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçlarınının 49 tanesi eğitim için kullanılırken 22 tanesi de test için kullanılmıştır. Tasarlanan YSA yönteminin girdi ve çıktı tabakasında 2 hücreye sahip bir model geliştirilmiştir. Saklı katman işlem birimlerinin transfer fonksiyonu hiperbolik tanjant seçilmiştir. Tasarlanan YSA modeli farklı katman ve nöronlar için denenmiştir. En iyi YSA modelini tespit ederken her bir model için iterasyon sayısı 2000 ile sınırlandırılmıştır. Sonuç olarak enerji iletim hatlarındaki elektromanyetik alan şiddetlerinin belirlenmesinde, en iyi sonucu tek gizli katman ve sekiz nörona sahip olan ağ mimarisi sağlamıştır. Matlab yazılımında 2000 adım işleminden sonra elde edilen eğitim ve test performans hata grafiği şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. 2000 adım için eğitim ve test hata grafiği

Buna göre oluşturulan ağda 2000 adım sonucunda eğitim hatası 0,00177069 olarak belirlenmiştir. Eğitilen model sadece ölçüm girdi değerleri kullanılarak test edilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçları ile YSA'nın yaptığı tahmin sonuçlarını gösteren değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Ölçüm sonuçları ile tahmin sonuçları karşılaştırıldığında, yapılan tahminlerin oldukça iyi seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlar

Enerji iletim hatlarının oluşturduğu elektromanyetik alanların sağlık açısından bazı etkileri olmakla birlikte, bu etkiler henüz tam olarak ispatlanabilmiş değildir. Mevcut bilgiler ağırlıklı olarak fizyolojik ve psikolojik etkilerin varlığını göstermekle birlikte bu etkilerin işleyiş mekanizması üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Gelişmiş ülkeler yaptıkları çalışmalar sonucunda enerji iletim hatlarının manyetik ve elektrik alanları konusunda güvenlik standartları oluşturmuşlardır. Bu standartlardaki sınır değerlere dayanılarak yerleşim merkezlerinin hatlara olan güvenli yaklaşım mesafeleri, hat güzergâhının tespiti ve direk boyutları gibi değerler belirlenebilmektedir. Enerji iletim hatlarının oluşturduğu elektromanyetik alanların canlılar üzerindeki etkilerinin incelenmesi kadar,

bu alanların doğru ölçülmesi ya da tahmini de önemlidir. Bugüne kadar yapılan incelemeler ağırlıklı olarak analitik çözümler arama yönünde olmuştur. Analitik modeller

birçok durumda sağlıklı sonuçlar verememektedir. Buna bağlı olarak ölçüm ve tahmin tabanına dayanan modellerin daha gerçekçi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çizelge 1. Ölçüm noktalarının koordinatları ile ölçülen ve tahmin edilen manyetik ve elektrik alan değerleri

Ölçüm Noktaları	Koordinatlar, (m)		Manyetik Alan H (A/m) Z = 7 m	Manyetik Alan YSA Tahminleri	Elektrik Alan E (V/m) Z = 7 m	Elektrik Alan YSA Tahminleri
	x	y				
1	4	7,3	18,8	20,01	3,5	3,6
2	2,2	7,8	15	16,34	3	2,8
3	0,8	7,8	12,7	10,12	2,2	2
4	4,4	4,2	18,3	20,02	2,8	2,7
5	3,9	5,2	8,7	9,13	1,8	1,9
6	2,4	4	13,2	12,17	2,3	2
7	2,2	5,3	6	7,18	0,7	1
8	1	6	3,8	3,06	0,2	0,4
9	0,5	4,5	13,2	15,21	2,4	2,1
10	1,8	9,9	193	196,17	7,8	7,5
11	3,7	9,6	234,5	233,29	8,4	8,8
12	2,8	10	216	215,05	7,1	7
13	1,8	10,1	58,6	58,16	5,3	5,5
14	0,5	10,5	4,8	5,02	0,3	0,1
15	3,2	9,4	224,3	227,08	7,9	8
16	1,5	9,2	69	65,41	4,7	4,3
17	0,8	9,4	25,3	24,17	3,1	3
18	5	1,3	170	168,13	6,3	6
19	4,2	2,4	208,4	209,31	7,4	7,8
20	3,1	1,3	203,5	203,27	6,9	7,2
21	1,4	1	60,3	59,18	3,8	4
22	0,5	0,5	6,4	6,93	0,3	0,5
23	3	2,4	211	209,21	6,4	6,8
24	1,5	2,7	65,5	63,42	3,9	4
25	0,6	3	23,2	24,18	2,7	3,1
26	2,5	6,3	63,8	65,39	4	3,6
27	3,1	2,7	19,4	18,28	2,3	2,1
28	1	7,1	264,3	265,12	8,4	8
29	1,9	4,6	16,5	18,03	3,6	3,9
30	0,4	4,9	72,4	74,08	4,8	5
31	0,9	1,8	32,5	31,19	2,6	2,3
32	1,6	0,4	28,3	30,37	2,3	2,5
33	4,1	4,8	164,6	165,28	5,8	6
34	3,8	3	32,1	32,14	2,5	2,1
35	2,4	9,6	5,7	6,13	0,2	0,5
36	2,1	7,4	20,5	22,17	1,3	1,5
37	4,8	7,1	21,9	20,04	1,4	1,7
38	0,7	8,3	7,3	9,06	0,4	0,2
39	2,3	6,2	83,2	85,09	4,9	5,3
40	2,7	9,1	46,3	41,13	3,8	0,3
41	1,6	10,3	2,6	3,27	0,1	0,5
42	1,1	3,6	53,8	55,27	3,7	3,3
43	1,7	1,9	35,7	31,18	2,6	2,1
44	3,1	4,2	20,6	25,03	1,8	2
45	4,1	3,8	21,8	24,06	1,9	2
46	2,5	4,9	36,4	40,33	2,7	3,1
47	2,8	3,8	27,3	26,17	2,1	2
48	2,1	1,9	53	50,06	3,6	3,9
49	0,6	7,3	43,8	45,09	3,3	3
50	1,5	4,8	145	148,12	5,4	5,8
51	3,8	8,1	35,8	37,18	1,9	1,7
52	3,1	9,6	14,8	16,02	0,7	1
53	0,2	3,9	47,9	49,41	3,6	4
54	1,3	2,9	3,6	4,15	0,1	0,4
55	3,7	8,3	73,2	76,03	4,6	5
56	2,5	9,4	53,9	55,06	3,7	4,1
57	2,7	0,6	15,3	16,18	0,8	1
58	1,9	1,7	53,1	51,14	3,6	3,9
59	0,8	3,9	34,6	38,08	1,7	1,5
60	0,4	3,8	4,8	5,22	0,3	0,5
61	2,3	5,2	23,2	22,02	2	2,2
62	0,7	5,7	256,6	250,12	8,1	8
63	1,4	6,1	46,2	48,41	3,5	3,2
64	3,6	8,8	38,3	41,23	3,1	3
65	3,9	8,2	85,1	81,18	5,3	5,5
66	1,6	3,7	13,6	14,04	1,8	2

Çizelge 1'in Devamı

67	2,1	4,6	73,6	75,33	4,9	5
68	2	3,8	136,7	140,29	5,3	5,1
69	3,4	6,8	243,1	240,48	8,7	8,5
70	4	8,2	31,2	35,14	1,4	1,5
71	2,2	9,8	74,2	72,32	5,3	5

Yapılan çalışmada ölçümsel olarak elde edilmiş veriler ile alternatif bir tahmin yöntemi olan yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model ile ölçüm sonuçları eğitim aşamasında manyetik alan için %96, elektrik alan için %94 başarı ile test aşamasında ise hem manyetik hem de elektrik alan için %84 başarı ile bulunmuştur. Çalışma sonuçları modelin güvenilirliği açısından değerlendirilirse tahmin değerleri ile ölçümsel değerler arasındaki etkileşim ilişkileri kabul edilebilir düzeydedir. Fakat modellemede daha fazla veri seti kullanılmasının modelin öğrenme ve tahmin etme aşamalarının geliştirilmesi ve daha iyi sonuçların alınabilmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak ölçümsel çalışmalar, uzun sürelerde yapılabilen, malzeme harcanan ve ekonomik yükümlülük getiren, aynı zamanda teknik personel gerektiren çalışmalardır. Bu yüzden, yapay sinir ağları gibi yapay zekâ modellerinin kullanılabilirliği üzerine yapılacak çalışmalarla ölçümsel çalışmalardaki bu kayıplar ve gereksinimler daha aza indirgenebilir.

Kaynaklar

- Ari, N., Bulumer, W., Thomas, D.E. 1987. Transient EM fields due to switching operations in electric power systems. IEEE Transaction on EMC, 29, 233-237.
- Jdanov, P.S., 1980. Electric and magnetic fields produced by transmission systems. Working Group 36.01. CIGRE Publisher, Paris, 34-36 pp.
- Teiaş, 2010. Elektrik İletim Tesislerinin Elektrik Alanı ve Magnetik Alan Ölçüm Raporu. TEIAS Genel Müdürlüğü, Ankara, 11.
- Tang, Y.C.C., Lued, Y.C. 2002. An Adaptive Activation Function for Multilayer Feed Forward Neural Networks. Proceeding of IEEE TENCON'02. 137.
- Öztemel, E. 2003. Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 25-26 pp.
- Russel, B.D., Harvey, S.M., Nilsson, S.L. 1984. Substation electromagnetic interference: characterization and description of the transient EMI problem. IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, 103, 1863-1871.
- Ulyanov, S.A. 2004. Guidelines for limiting exposure time varying electric magnetic and electromagnetic fields. Environmental Science And Technology, 38, 67-78.
- Meeda, M., Miyajima, H. 1999. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. Journal Social Ind. Apply Mathematics. 27, 431-441.
- Allahverdi, N. 2002. Uzman Sistemler, Bir Yapay Zeka Uygulaması. Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 47-63 pp.
- Marquardt, D.W. 2003. A method for the solution of certain nonlinear problems in least squares. Quarttion Applicaiton Mathmatics, 43, 164-171.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M. 2003. Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I Yapay Sinir Ağları. Ufuk Yayıncılık, İstanbul, 69-74 pp.
- Teaş, 2001. Elektrik Alanları ve Magnetik Alanlar. Teaş Genel Müdürlüğü Çevre Daire Başkanlığı, Cilt 1-2. Ankara, 90-94.
- Robert, G., Olsen, N. 1993. Electromagnetic fields from power lines. IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, 138, 143-151.
- Davis, J.G., Bennet, W.R. 1993. Effects of low-frequency electric and magnetic fields. Environmental Science And Technology, 27, 42-51.