

AKTİF ANALOG FİLTRELERİN YSA İLE MODELLENMESİ

Turgay KAYA¹

Melih Cevdet İNCE²

^{1,2} Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Fırat Üniversitesi, 23119, Elazığ

¹e-posta: tkaya@firat.edu.tr

²e-posta: mcince@firat.edu.tr

Özetçe

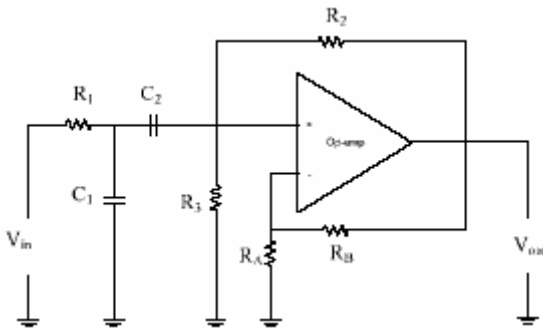
Analog aktif filtrelerde devrenin tasarımını yapmak, istenen özelliklere bağlı olarak artan filtre derecesi yüzünden zorlaşmaktadır. İstenen bütün özelliklere cevap verecek filtreyi tasarlamak ve o filtreyi hayata geçirmek arzu edilen bir durumdur. Bu çalışmada, istenen şartları sağlayacak filtre için yapılan hesaplama gücünün ortadan kaldırarak, bütün özellikleri sağlayacak ve filtre ile aynı işi yapacak olan blok YSA (Yapay Sinir Ağı) yardımıyla tasarlanacaktır.

1. Giriş

Analog aktif filtrelerde tasarım işlemi genellikle önceden denenmiş bir devre modelinden hareket edilerek gerçekleştirilmektedir. İlk olarak istenen filtre özelliklerini sağlayacak olan filtrenin kaçınıcı dereceden olduğu hesaplanmakta daha sonra bunu sağlayacak olan devre hazır olan devrelerin birleşiminden oluşturulmaktadır. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak [1,2,3] band-geçiren filtre modeli örnek olarak alınmış ve tasarlanan YSA modeli yardımıyla bu filtrenin sahip olduğu transfer fonksiyonu ile aynı işlemi göreceği yapı oluşturulmuştur.

2. Aktif Analog Filtreler

Aktif analog filtrelerde kullanılan devre modeli genellikle işlemsel yükselteç, direnç ve kondansatör guruplarının uygun şekilde bağlanmalarıyla oluşturulmaktadır. Yapılan bu çalışmada kullanılan devre modeli meşhur Sallen-Key aktif filtre katından yararlanılarak oluşturulmuştur [4]. Band-geçiren filtre için kullanılan elemanların devre bağlantısı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1. Sallen-Key Band Geçiren Aktif Filtre Katı

Bu devre bloğunun sahip olduğu transfer fonksiyonu eleman değerlerine bağlı olarak yazıldığında denklem (1)' deki ifade elde edilmektedir.

$$H_{c,p}(s) = \frac{Ks}{R_1 C_1} \left(s^2 + \left[\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_3 C_1} + \frac{1}{R_3 C_2} + \frac{(1-K)}{R_1 C_1} \right] s + \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 R_3 C_1 C_2} \right) \quad (1)$$

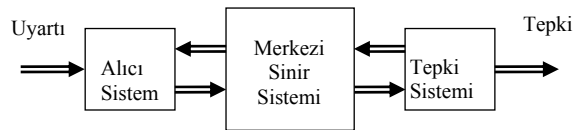
Band-geçiren filtre bloğundaki elemanların yerleri değiştirildiğinde farklı tiplerdeki filtreler elde edilebilir. (Alçak-geçiren, yüksek-geçiren, band-durduran gibi) Kullanılan bu devrede frekansa bağımlı eleman sayısı devrenin derecesini belirlemekte ve frekansa bağımlı eleman sayısı iki olduğundan (C₁ ve C₂) devre ikinci dereceden band-geçiren filtre özelliği göstermektedir. İstenen özellikleri sağlayacak filtrenin derecesi bu yapıdaki birkaç bloğun kaskat bağlanmasıyla elde edilmektedir [4].

3. Yapay Sinir Ağlarına Giriş

Son yıllarda yapılan çalışmalar ile Yapay Sinir Ağları (YSA); insan beyninin çalışma prensibini yapay olarak modelleme prensibinden faydalanarak oluşturulmuştur. Nesne/örüntü tanıma, sinyal işleme, arıza analizi ve tespiti, sistem tanılama (modelleme) ve denetimi v.s gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve bu alanlara problem çözmeye yeni yaklaşımlar getirmiştir. Genel olarak bir YSA, tek katmanlı ya da çok katmanlı olarak düzenlenebilen ve paralel olarak çalışan çok sayıda doğrusal olmayan yapay hücreden (işlem elemanı) meydana gelen bir sistem ya da matematiksel model olarak tanımlanır [5]. Hücreler arasındaki ağırlıklar, arzu edilen tasarım amaçlarını sağlayacak şekilde çeşitli öğrenme kuralları ile ayarlanır. Bu yapısı ile YSA, öğrenme sürecinde bilgiyi toplayan ve ağırlıkları yardımıyla bu bilgiyi saklayan paralel bir işlemcidir.

3.1. Biyolojik Sinir Sistemi

Beynin üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve beyin nörofiziksel yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Biyolojik sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten beyin (merkezi sinir ağı) bulunduğu 3 katmanlı bir sistem olarak açıklanır. Aşağıdaki şekilde bu durum gösterilmiştir.



Şekil 2. Biyolojik sinir sisteminin blok gösterimi

Merkezi sinir ağında bilgiler, alıcı ve tepki sinirleri arasında ileri ve geri besleme yönünde değerlendirilerek uygun tepkiler üretilir. Bu yönüyle biyolojik sinir sistemi, kapalı çevrim denetim sisteminin karakteristiklerini taşır [5].

3.2. Yapay Sinir Ağları

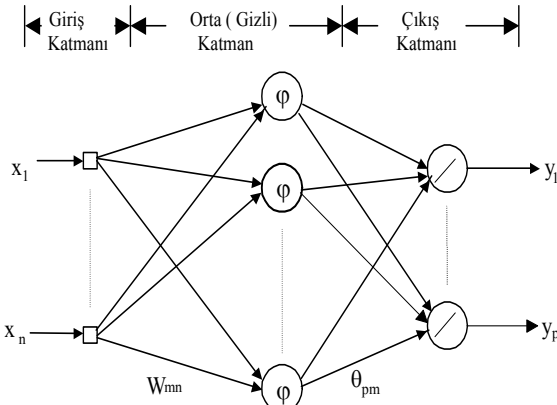
Beynin bütün davranışlarını tam olarak modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir.

Genel anlamda YSA, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir.

3.2.1 Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

Yukarıda verilen açıklamalardan, YSA'nın hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenilebilir ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de YSA'nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu üstün özellikleri, YSA'nın karmaşık problemleri çözebilme yeteneğini gösterir. YSA'nın sahip olduğu özellikleri sıralayacak olursak, doğrusal olmama, öğrenme, genelleme, uyarlanabilirlik, hata toleransı, donanım ve hız ve analiz ve tasarım kolaylığı olarak sıralanabilir [5].

Yapay sinir ağları, hücrelerin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmalarından oluşur. Hücre çıkışları, ağırlıklar üzerinden diğer hücelere ya da kendisine giriş olarak bağlanabilir ve bağlantılarda gecikme birimi de kullanılabilir. Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kurallarına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre geliştirilen YSA yapılarından biri, ileri beslemeli YSA yapısıdır. Bu yapının blok diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. İleri beslemeli 3 katmanlı YSA.

İleri beslemeli 3 katmanlı ve çıkış katmanı doğrusal olan YSA'nın matematiksel modeli, x - giriş vektörünü, o - orta katman çıkış vektörünü, y - ağ çıkış vektörünü göstermek üzere denklem (2)'deki gibi yazılabilir. x_0 ve o_0 girişleri, polarma girişleri olarak alınmıştır.

$$v_j = \sum_{i=0}^n W_{ji} \cdot x_i, \quad o_j = \varphi(v_j) \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$y_\ell = \sum_{j=0}^m \theta_{\ell j} \cdot o_j \quad \ell = 1, 2, \dots, p$$

4. YSA ile Aktif Analog Filtrenin Modellenmesi

YSA yardımıyla band-geçiren aktif analog filtrenin modellenmesinde amaç YSA'nın katmanları arasındaki bağlantıları sağlayan ağırlıkların belli bir kurala göre eğitim sonucunda uygun değerlere getirilmesi işlemidir. Bu işlem neticesinde YSA çıkışı artık analog aktif filtre çıkışı ile aynı olacak ve YSA bloğu yapıyı modellemiş olacaktır.

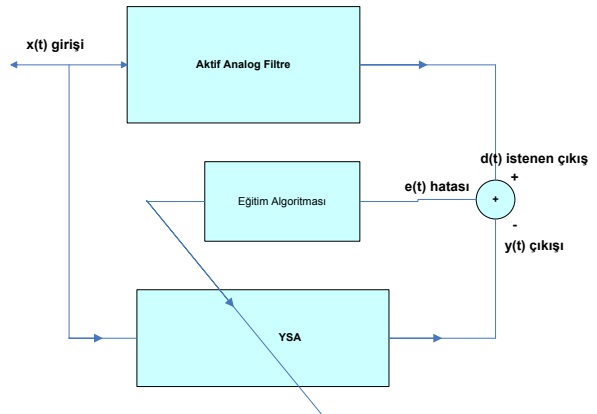
$$w_n(k+1) = w_n(k) + \mu e(k) x_n(k) \quad n=0, 1, \dots, N \quad (3)$$

YSA yapısındaki ağırlıkların değişimi denklem (3) yardımıyla güncellenmektedir. Denklemde,

- $\mu > 0$ olup kazanç
- k iterasyon sayısını
- x_n giriş değerlerini
- w_n filtre ağırlıklarını
- d istenen çıkışı temsil etmektedir.

e çıkış hatası ($d(n)$ – analog filtre çıkışı) şeklinde olur.

Elde edilen bu değerler denklem (3)'de yerine yazılarak her iterasyonda katsayılar güncellenmektedir. Sistemde arzu edilen bilgiler (d), aktif analog filtre çıkışı (y) ile karşılaştırılmakta ve bu iki data arasındaki fark bir hata oluşturmaktadır (e). Meydana gelen bu fark kazanç (μ) ile çarpıldıktan sonra giriş bilgileri ile çarpılmakta ve önceki katsayıya eklenerek bir sonraki iterasyon için yeni katsayılar bulunmaktadır. Böylelikle yeni iterasyon için katsayılar güncellenmiş olmaktadır. Bu işlem, istenen çıkış ile YSA yardımıyla modellenmiş blok tarafından elde edilen çıkış arasındaki fark arzu edilen değer kadar devam etmektedir. Aşağıda bu yapının blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 4. YSA ile aktif analog filtrenin modellenmesi

Blok diyagramında YSA yardımıyla modellenen yapının çıkışı, iterasyon sayısına bağlı olarak istenen aktif analog filtre çıkışına yakınsadığı meydana gelen hatanın iterasyon

sayısına bağı olarak azaldığından anlaşılmaktadır. Bu durum şekil.6' da gösterilmiştir.

Yapılan uygulamada hem aktif analog filtre girişine ve hem de YSA girişine uygulanan işaretlerin filtrelendikten sonraki değişimlerine bakılmış ve sonuçların tatmin edici oldukları görülmüştür. Bu durum ise şekil.5' de gösterilmiştir.

Uygulama için kullanılan aktif filtrenin tasarlanmasında gerekli olan özellikler,

Geçirme bandı dalgalanması, -1.5 dB

Durdurma bandı dalgalanması, -28 dB

Geçirme bandı alt kesim frekansı, 1000 Hz

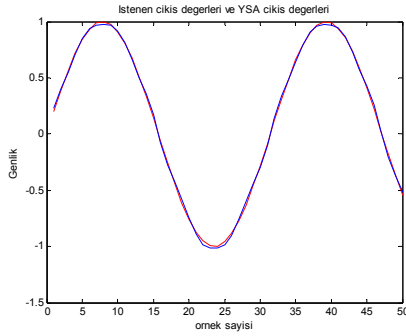
Geçirme bandı üst kesim frekansı, 2000 Hz

Durdurma bandı alt kesim frekansı, 500 Hz

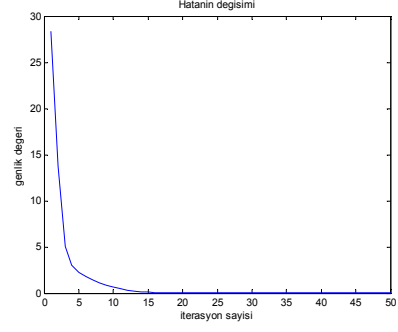
Durdurma bandı üst kesim frekansı, 4000 Hz

şeklindedir. Bu özellikleri sağlayacak olan aktif filtrenin derecesi yapılan hesaplamalarda 6 olarak bulunmuştur. Yapıların ortak girişi, w , $3w$ ve $5w$ frekanslarına sahip üç sinüsün toplamından oluşturulmuş bir işarettir. Band-geçiren filtrenin kesim frekansları sadece $3w$ frekanslı sinüs işaretini geçirecek şekilde seçilmiştir. Böylece sistem çıkışı sadece $3w$ frekanslı sinüsün örnekleme değeri olacaktır.

Analog aktif filtre yapısını modellemek için kullanılan YSA' da, bir giriş katmanı, bir çıkış katmanı ve iki katman arasında ise bir tane ara katman kullanılmıştır. Kullanılan ara katman üç tane nörondan oluşmaktadır. Ara katmandaki nöronların çıkışları, Sigmoid aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek elde edilmiştir.



Şekil 5. İstenen çıkış ve YSA ile eğitilmiş blok çıkış değişimi (Kırmızı istenen çıkış, mavi YSA çıkışı)



Şekil 6. Hatanın değişimi

4. Sonuçlar

MATLAB ortamında yapılan bu çalışmada aktif analog filtreler YSA kullanılarak modellenmişlerdir [6]. Yapılan model yardımıyla giriş bilgisi örnek değerleri hem aktif filtre girişine hem de YSA girişine eş zamanlı olarak uygulanmış, meydana gelen fark ile YSA katsayıları iterasyona bağlı olarak eğitilerek istenen filtre çıkışına dolayısıyla da aktif analog filtrenin transfer fonksiyonuna ulaşılmıştır. MATLAB' da yazılan program ile istenen özelliklerdeki farklı tip aktif filtre yapıları YSA yardımıyla kolaylıkla modellenilebilir bir hale getirilmiştir [6].

5. Kaynakça

- [1] K. Gulez, H. Watanabe and F. Harashima "Design of ANN(Artificial Neural Network)- Fast Backpropagation Algorithm Gain Scheduling Controller of Active Filtering" *IEEE*, 2000
- [2] T. G. Villatva, T. G. de Siqueria, M. E. de Oliveira F. and E. Ruppert F. "Current Controller with Artificial Neural Network for Active Filter" *IEE*, 2004
- [3] T. G. Villatva and E. Ruppert F. "Current Controller with Artificial Neural Network for 3- Phase 4- Wire Active Filter" *IEEE*, 2004
- [4] Les., Thede., "Analog and Digital Filter Design Using C" Prentice Hall, New Jersey, 1996
- [5] Haykin, S. "Neural Networks" A Comprehensive Foundation. Prentice Hall, New Jersey, 1999
- [6] Uzunoğlu, M., Kızıl, A. ve Onar, Ö.Ç., Her Yönü İle Matlab , İstanbul, 2003