

NÖTRAL TİPTEKİ ZAMAN GECİKMELİ DİNAMİK YAPAY SİNİR AĞLARININ KARARLILIK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada, literatürdeki Nötral Tipteki Yapay Sinir Ağı modelleri incelenmiş ve çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Bu çerçevede Nötral Tipteki Yapay Sinir Ağı modelleri tanımları verilmiş, kararlılık özellikleri ele alınmış ve gecikme türleri incelenmiştir. Modeller; sahip oldukları gecikmeye, kararlılık özelliklerine ve kullandıkları aktivasyon fonksiyonlarına göre sınıflandırılmıştır. Son olarak modellerin genel bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışma, Nötral Tipteki Yapay Sinir Ağı modellerini derleyen bu kapsamdaki en geniş çalışma olma niteliği taşımaktadır.

YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

Yapay Sinir Ağları, insan beyninin çalışma yapısından esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirlerine bağlanan ve modellemeler sunan yapılardır. Diğer bir tanımla, kendi aralarında paralel ve çok sayıda bağlantı oluşturmaları sonucu oluşan bir ağ kümesidir. Bazı durumlarda, problemlere, bilgisayarla ya da karmaşık hesaplama yöntemleriyle çözüm bulmak bazı durumlarda oldukça güç olmaktadır. Yapay Sinir Ağları, bu tür durumlarda devreye girerek çözüm sunmaktadır.

NÖTRAL TİPTEKİ YAPAY SİNİR AĞLARI'NIN TANIMI

Nötral Tipteki Yapay Sinir Ağları genel olarak hem durum denkleminde hem de türev denkleminde gecikme bulunan Yapay Sinir Ağı tipi olarak ifade edilebilir. Genel itibarıyla, Gecikmeli Yapay Sinir Ağı sınıfına ait olan bu sistemler, diğer gecikmeli sistemlerden farklı yönlerle sahiptir.

Nötral Tipteki Yapay Sinir Ağları'nın, diferansiyel denkleminin her iki tarafında da gecikme olması bu modellerin analizini karmaşık hale getirmektedir. Bu durum dezavantaj gibi görünse de Nötral Tipteki Yapay Sinir Ağlarının, Klasik Model Yapay Sinir Ağları'ndan daha karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabilirliği vardır.

Nötral Tipteki Yapay Sinir Ağları'nın en genel modeli şu şekilde ifade edilebilir:

$$\dot{x}_i(t) = -a_i x_i(t) + \sum_{j=1}^n b_{ij} f_j(x_j(t)) + \sum_{j=1}^n c_{ij} f_j(x_j(t - \tau_{ij})) + \sum_{j=1}^n d_{ij} \dot{x}_j(t - \zeta_{ij}) + u_i$$

Burada,

- n , ağdaki nöron sayısını,
- $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, t anındaki nöron durum vektörünü,
- $A = \text{diag}(a_i)$ pozitif diyagonal matrisi,
- $B = (b_{ij})_{n \times n}$, $C = (c_{ij})_{n \times n}$ ve $D = (d_{ij})_{n \times n}$ nöronların ağırlık katsayılarını temsil eden bağlantı matrislerini,
- $U = (U_1, U_2, \dots, U_n)^T$ dış giriş vektörünü,
- $f(\cdot) = (f(\cdot), f(\cdot), \dots, f(\cdot))^T$ nöron aktivasyon fonksiyonunu,
- τ_{ij} zaman gecikmesini ve ζ_{ij} nötral gecikmeyi göstermektedir.

Denklemindeki her iki gecikme de çift boyutlu olarak ele alınmıştır (τ_{ij} , ζ_{ij}). Bu durum, her nöron çifti arasındaki gecikmenin farklı değerler taşıyabileceği anlamına gelmektedir. Buradaki gecikme $n \times n$ 'lik bir matris halinde ifade edilebilir. Gecikmenin bu şekilde kabul edildiği modeller, gerçeğe en yakın modellerdir çünkü gerçek Yapay Sinir Ağları uygulamalarında her nöron çifti arasındaki gecikme değerinin farklı olması muhtemeldir. Ancak aynı zamanda bu gecikme, sistemin kararlılık analizini oldukça zorlaştırmıştır çünkü matematiksel olarak çözülmesi oldukça zor problemlere sebebiyet vermektedir.

Bazı modellerde yine çift boyutlu bir gecikme durumu söz konusudur (τ_{ij}). Her ne kadar sistemin sahip olduğu gecikmelerin biri tek boyutlu (ζ_j) olsa da yine de bu modelin de matematiksel analizleri oldukça zordur. Zira literatürde nötral tipte olmasa bile çift boyutlu gecikmeye sahip olan modellerin bile matematiksel analizlerinin zor ve karmaşık işlemler içerdiği bilinmektedir.

Bazı çalışmalarda, herhangi bir nöronun diğer tüm nöronlarla arasındaki gecikmenin sabit olduğu düşünülerek modele eklenen tek boyutlu gecikmelerdir (τ_j, ζ_j). Bu modeldeki gecikme, tek bir sayı değil, her nöron için bir sayı olacak şekilde n elemanlı bir vektördür ve diğerlerine göre matematiksel analizleri daha kolay gerçekleştirilebilen bir modeldir. Diğer modellerdeki gecikmeler, tüm nöronlar arasındaki gecikmenin eşit olduğu kabul edilerek modele eklenen sabit birer sayıdır (τ, ζ). Diğer modellere göre matematiksel analizleri daha kolay olan bu model, literatürde en çok ele alınan modellerden biridir ve pek çok çalışmada incelenmiştir.

Yukarıda incelenen gecikmeli modellerde, gecikme herhangi bir parametreye bağlı değildir. Ancak donanım gerçeklemelerine daha uygun olması amacıyla gecikmelerin zamana bağlı olduğu pek çok model oluşturulmuş ve incelenmiştir. Literatürde, gecikmesi zamana bağlı olarak değişen nötral sistemlerin incelendiği pek çok çalışma mevcuttur.

Nötral Tipteki Yapay Sinir Ağlarına ait modeller incelenmiş ve çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Nötral Tipteki Yapay Sinir Ağı modelleri taranmış, elde edilen çalışmalar modellere ayrıştırılmış ve detaylı bir inceleme yapılarak yorumlanmıştır. İncelenen çalışmalar; gecikmelerine göre, kararlılık tipine göre ve aktivasyon fonksiyonlarına göre analiz edilmiştir.

Global, stokastik ve robust olmak üzere 3 sınıfa, kararlılık türüne göre üstel ve asimtotik olmak üzere 2 sınıfa, gecikmeye bağlı olup olmama durumlarına göre ise, gecikme bağımlı, gecikme bağımsız ve tanımlanamamış tipler olmak üzere 3'e ayrılmıştır. Ayrıca aktivasyon fonksiyonlarına göre de 11 tip olarak gruplandırılmıştır.