

BULANIK SINIR AĞI KONTROLÖRÜ İLE ÇOKLU KAOTİK ÇEKER ÜRETEN DK-HSA YAPILARININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Enis GÜNAY¹

Mustafa ALÇI²

Selami PARMAKSIZOĞLU³

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi

Erciyes Üniversitesi, 38039 Kayseri

¹e-posta: egunay@erciyes.edu.tr ²e-posta: malci@erciyes.edu.tr

³e-posta: selamiparmak@mynet.com

ABSTRACT

This paper presents a neurofuzzy controller is used to obtain generating n-scroll chaotic attractors in the State Controlled Cellular Neural Network system. It has been also obtained n-scroll chaotic attractors used Neurofuzzy controller trained with ANFIS in the SC-CNN which can be generated n-double scrolls by the piecewise-linear function

Anahtar sözcükler: Hücresel Sinir Ağları, Kaotik, Bulanık Sinir Ağı Kontrolörü

ÖZET

Bu çalışmada çoklu kaotik çekerler (n-double chaotic scrolls) oluşturan Durum Kontrollü-Hücresel Sinir Ağı (DK-HSA) devresinde, parçalı-doğrusal (piecewise-linear) fonksiyon karakteristiğine sahip aktivasyon devresinin bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılarak elde edilmesi gösterilmiştir. Farklı kırılma noktalarına sahip aktivasyon fonksiyonları ile çoklu çekerler oluşturan DK-HSA devrelerinde ANFIS ile eğitilmiş bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılarak da çoklu kaotik çekerler oluşturması sağlanmıştır.

1. GİRİŞ

Son yıllarda görüntü işleme ve kaotik işaret işleme başta olmak üzere birçok alanda Hücresel Sinir Ağları (HSA) üzerine teorik ve deneysel çalışmalar yapılmaktadır [1]. Kaotik işaret işleme konusunda HSA kullanılarak literatürde yer alan birçok kaotik sistem modellenmiştir [2]. Durum Kontrollü HSA (DK-HSA) olarak da bilinen Chua devresinin geliştirilmiş üç HSA hücresi kullanılarak elde

edildiği çalışma bu çalışmalar içerisinde en dikkati çekici olanıdır [3]. Daha sonraki çalışmalarda ise, DK-HSA devresinin parçalı-doğrusal karakteristiğinin farklı kırılma noktaları ile çoklu kaotik çeker yapılarının (n-double chaotic scrolls) oluşturulabileceği gösterilmiştir [4,5]. Bu çalışmada ise, DK-HSA devresinin parçalı-doğrusal karakteristiğe sahip aktivasyon fonksiyonu görevini bulanık sinir ağı kontrolörü yerine getirmektedir. DK-HSA yapısında Bulanık Sinir Ağı Kontrolörü kullanılarak Chua'nın çift kaotik çekeri ve üçlü kaotik çekerler elde edilmiştir. Önerilen bulanık sinir ağı kontrolörü ile hem orijinal DK-HSA devresi davranışı hem de çoklu kaotik çeker yapıları üretilebilmektedir. Bu bildirinin ikinci bölümünde Chau devresine ve DK-HSA yapıları kısaca anlatılmıştır. Üçüncü bölümde bulanık sinir ağı yapısı anlatılmış ve önerilen Bulanık Sinir Ağı Kontrolörü ile ikili ve üçlü kaotik çekerlerin elde edilmesi ve benzetim sonuçları verilmiştir.

2. CHUA DEVRESİ VE DK-HSA

Şekil 1(a) gösterildiği gibi Chua devresi üç tane enerji depolayan eleman, bir tane doğrusal direnç ve bir tane de Chua diyotu olarak adlandırılan doğrusal olmayan direnç NR içermektedir. Chua devresinin aşağıda verilen durum eşitliklerine bakıldığında,

$$L \frac{di_L}{dt} = -V_{C2} - i_L \cdot R_S$$

$$C_2 \frac{dV_{C2}}{dt} = i_L - \frac{1}{R} (V_{C2} - V_{C1}) \quad (1)$$

$$C_1 \frac{dV_{C1}}{dt} = \frac{1}{R}(V_{C2} - V_{C1}) - f(V_R)$$

Burada $f(V_R)$ parçalı doğrusal fonksiyondur ve grafiği Şekil 1(b) de gösterilmiştir. Parçalı doğrusal fonksiyonun eşitliği ise Denklem (2)' de verilmiştir.

$$i_R = f(V_R) = G_b V_R + \frac{1}{2} \cdot (G_a - G_b) \times (|V_R + B_p| - |V_R - B_p|) \quad (2)$$

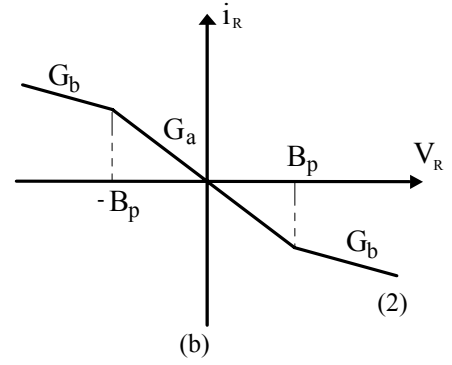
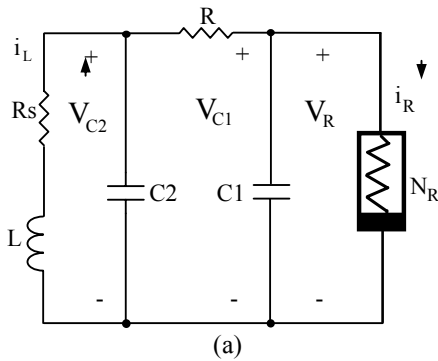
Burada G_a ve G_b iç ve dış bölge eğimlerini $\pm B_p$ ise kırılma noktalarını göstermektedir. Chua devresinin boyutsuz durum denklemleri eşitlik (3) de verilmiştir.

$$\begin{aligned} x &= V_{C1}/B_p, y = V_{C2}/B_p, & z &= I_L/B_p G, & \tau &= tG/C_2, \\ m_0 &= (G_a/G) + 1, & m_1 &= (G_b/G) + 1, & \alpha &= C_2/C_1, \\ \beta &= C_2/(LG^2) & \text{ve} & & \gamma &= (C_2 R_s)/(GL) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \alpha[y - h(x)] \\ \dot{y} &= x - y + z \\ \dot{z} &= -\beta y - \gamma z \end{aligned} \quad (3)$$

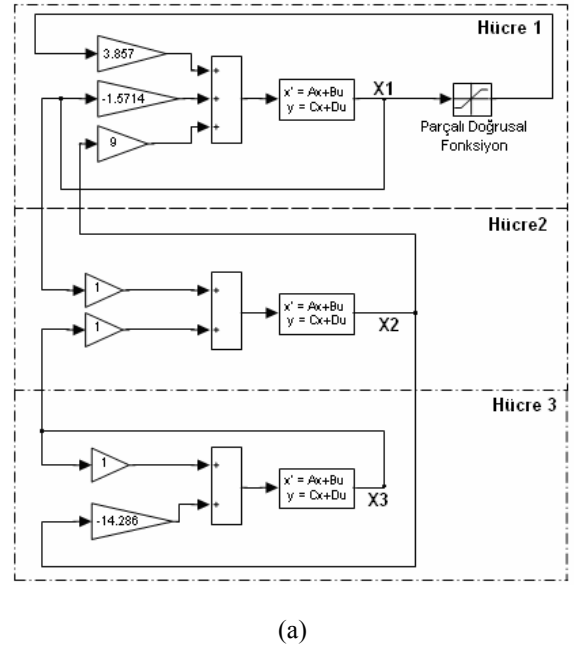
Burada

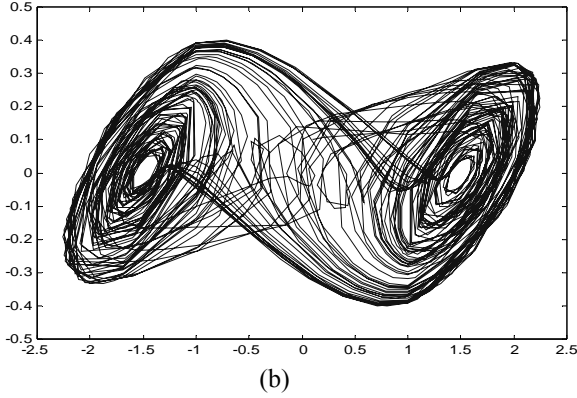
$$h(x) = m_1 x + 0.5 \cdot (m_0 - m_1) \times (|x+1| - |x-1|) \quad (4)$$



Şekil 1. (a) Chua devresi (b) Chua devresinde doğrusal olmayan direncin (N_R) i-v karakteristiği

Genelleştirilmiş üç adet HSA hücresinin uygun bir bağlantısıyla, Chua devresinin elde edilebileceği gösterilmiştir[3]. Oluşturulan bu HSA yapısını Arena Durum Kontrollü HSA (DK_HSA) olarak adlandırmıştır. Orijinal HSA ile DK-HSA arasındaki temel farklılık komşu hücrelerin dahili durumları arasındaki bağlantıları olan “durum kontrol” şablonunun bulunmasıdır. DK-HSA yapısının Simulink şeması Şekil 2’ de verilmiştir.





Şekil 2. (a) Çoklu kaotik çekerler üreten DK-HSA devresinin Simulink şeması (b) x_1-x_2 düzleminde çiftli kaotik çeker yapısı

3. BULANIK SİNİR AĞI KONTROLÖRÜ KULLANILARAK PARÇALI DOĞRUSAL KARAKTERİSTİĞE SAHİP ÇIKIŞ FONKSİYONUNU ELDE EDİLMESİ

Chua devresindeki doğrusal olmayan direncin karakteristliğinin değiştirilmesi ile çoklu kaotik çekerler oluşturulmaktadır [4,5]. Doğrusal olmayan direncin denklemi Denklem (4)' de verilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olan parçalı doğrusal fonksiyonun genel denklemi ise Denklem (5)' de verilmektedir.

$$y_1 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{2n-1} n_k (|x+b_k| - |x-b_k|) \quad (5)$$

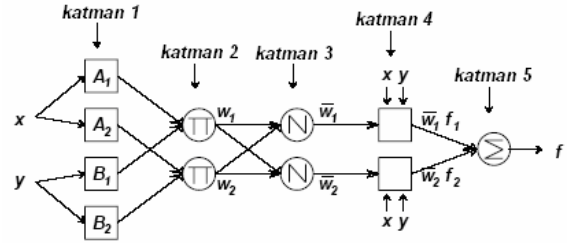
Denklem (5) ile verilen genelleme ikili ve üçlü çekerler için hesaplanırsa sırasıyla Denklem (6) ve Denklem (7) elde edilmektedir.

$$y_1 = \frac{1}{2} (|x+1| - |x-1|) \quad (6)$$

$$y_1 = -5.0148 * \frac{1}{2} (|x+1| - |x-1|) + 8.357 * \frac{1}{2} (|x+2.15| - |x-2.15|) - 7.58574 * \frac{1}{2} (|x+4| - |x-4|) \quad (7)$$

Bulanık sinir ağı sistemi, bulanık sistemin avantajları ile öğrenilebilir kabiliyetine sahip sinir ağının avantajlarının birleşmesinden oluşmaktadır. Bulanık sinir ağı kontrolörü ise bulanık sinir ağı ile istenen modele göre eğitimi yapılarak kuralları belirlenmiş yapının bir bulanık kontrolöre yüklenmiş halidir. Bir bulanık sinir ağı yapısı, Sugeno' nun x ve y gibi iki girişe ve f gibi bir çıkışı olan iki if-then kuralını içeren bir kural tabanına sahiptir [6]. İki kurallı bir bulanık sinir ağı yapısının blok şeması Şekil 3'de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{If } x \text{ is } A1 \text{ and } y \text{ is } B1 \text{ then } f1 &= p1x + q1y + r1 \\ \text{If } x \text{ is } A2 \text{ and } y \text{ is } B2 \text{ then } f2 &= p2x + q2y + r2 \end{aligned} \quad (8)$$



Şekil 3. İki bulanık sinir ağı yapısının şematik gösterimi.

Şekil 3'de görülen iki kurallı bulanık sinir ağı yapısının içerdiği katmanlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Katman: Bu katmanda her bir i . düğüm aşağıda verilen düğüm fonksiyonu ile tanımlanır.

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x) \quad (9)$$

Burada x düğüm girişidir ve O_i^1 , A_i nin üyelik fonksiyonudur ve x girişinin üyelik derecesini belirler. Genellikle $\mu_{A_i}(x)$, maksimumda 1'e ve minimumda 0'a eşit olan çan eğrisi fonksiyonu olarak seçilir. Denklem (10)'da verilen çan eğrisi fonksiyonunda $\{a_i, b_i, c_i\}$ üyelik fonksiyonuna ait dayanak parametreleridir.

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x-c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad (10)$$

2. Katman: Bu katmandaki her bir düğüm, kendisine gelen sinyallerin çarpımını çıkış olarak üreten, Π olarak etiketlenmiş sabit bir düğümdür. Her bir düğümün çıkışı, her bir kural için tetikleme ağırlığını oluşturur.

$$\omega_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y) \quad i=1,2,\dots \quad (11)$$

3. Katman: Bu katmanda her bir düğüm N ile etiketlenmiş sabit bir düğümdür. i . düğüm, i . kuralın tetikleme ağırlığının tüm kuralların tetikleme ağırlıklarının toplamına oranını hesaplar. Bu katmanın çıkışları, uygunluk açısından, normalize edilmiş tetikleme ağırlıkları olarak adlandırılırlar.

$$\varpi_i = \frac{\omega_i}{\omega_1 + \omega_2} \quad i=1,2,\dots \quad (12)$$

4. Katman: Bu katmandaki her bir düğüm, Denklem (13)'de gösterilen fonksiyonu ile verilen bir çıkışa sahiptir. Burada i 3. katmanın çıkış ifadesini temsil ederken $\{p_i, q_i, r_i\}$ parametre kümesini göstermektedir. Bu katmandaki parametreler sonuç parametreleri olarak ifade edilmektedir.

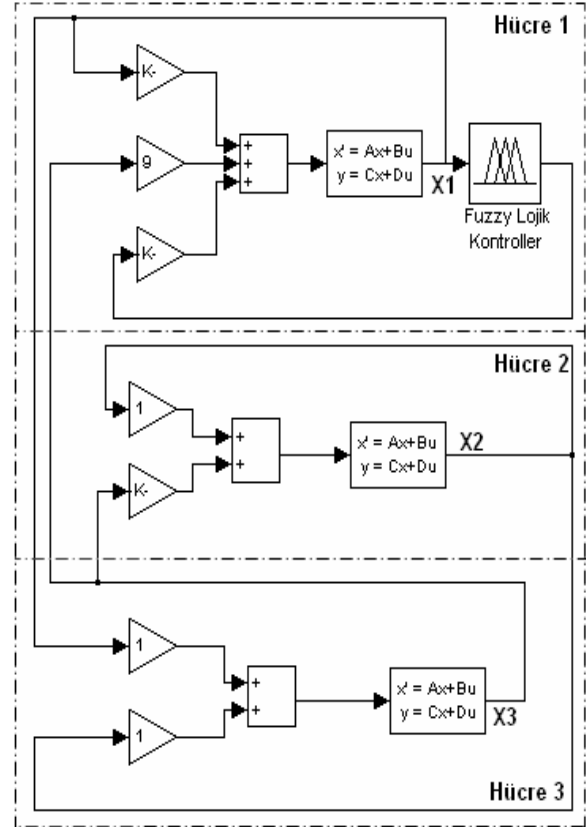
$$O_i^4 = \varpi_i f_i = \varpi_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (13)$$

5. Katman: Bu katman tek düğüme sahiptir ve bu düğüm tüm gelen sinyallerin toplamını alarak toplam çıkışı hesaplayan \sum ile etiketlenmiş sabit bir düğümdür.

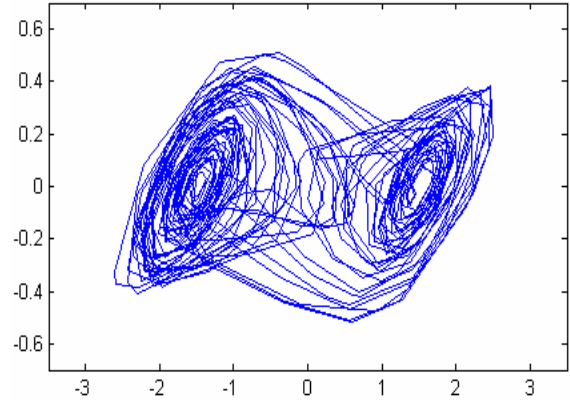
$$O_1^5 = \text{toplam_çıkı} = \sum_i \varpi_i f_i = \frac{\sum_i \omega_i f_i}{\sum_i \omega_i} \quad (14)$$

Bulanık sinir ağı eğitim süresi içerisinde, verilen girişlere uygun çıkış değerlerini üretebilmek için 1.katmandaki $\{a_i, b_i, c_i\}$ destek parametreleri ile 4. katmanda bulunan $\{p_i, q_i, r_i\}$ sonuç parametrelerini en uygun değerlerine getirmektedir.

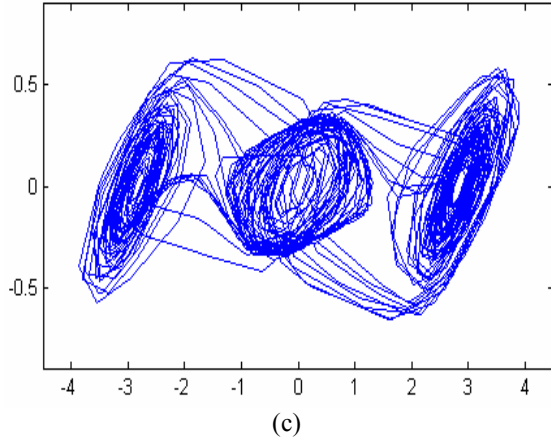
Bu çalışmada, Denklem (6) ve Denklem (7)'de verilen DK-HSA çıkış aktivasyon fonksiyonu bulanık mantık kontrolörü kullanılarak ANFIS ortamında modellenmeye çalışılmıştır. Sistemin eğitimi ve performansı Matlab/Simulink ortamında yapılmıştır. 1000 elemanlı bir eğitim seti kullanılmıştır. Giriş üyelik fonksiyonu olarak üçgen, çıkış üyelik fonksiyonu olarak doğrusal fonksiyon kullanılmış ve eğitim 200 epokta tamamlanmıştır. Şekil 4'te bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılarak modellenen parçalı-doğrusal karakteristiğe sahip çıkış fonksiyonunun kullanıldığı DK-HSA devresi ve elde edilen 2' li ve 3'lü kaotik çeker yapısı görülmektedir.



(a)



(b)



Şekil 4. (a) Önerilen bulanık sinir ağı kontrolörlü DK-HSA blok devresi. (b) 2'li kaotik çeker yapısı (c) 3' lü kaotik çeker yapısı

4. SONUÇ

Bu çalışmada çoklu kaotik çekerler üreten DK-HSA yapısında parçalı doğrusal çıkış fonksiyonu yerine bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılması gösterilmiştir. Bulanık sinir ağı kontrolörü ile elde edilen sonuçlarla DK-HSA yapısı ile elde edilen sonuçlar görüldüğü üzere uyumludur. Bu çalışma ile Bulanık sinir ağı tabanlı yeni bir çoklu kaotik DK-HSA yapısı sunulmuştur. Bulanık sinir ağı kontrolörü, DK-HSA yapısında çıkış fonksiyonunu tasarlanması aşamasını hızlandırarak avantaj sağlamıştır. Ayrıca bulanık sinir ağı kontrolörünün gerek iç yapısı, gerekse kural tabanının gizli olmasından dolayı kaotik haberleşmenin temeli sayılabilecek güvenilir haberleşmeye katkıda bulunmuştur. Bulanık sinir ağı kontrolörünün tasarlanması aşamasında dilsel kurallarda tasarıma kolaylık sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Chua L.O., Yang L., "Cellular neural networks: Theory", IEEE Trans. on Circuits and Systems-I, Vol. 35, pp.732-745, 1988.
- [2] Chua, L.O., and Roska, T., "The CNN paradigm", IEEE Trans. on Circuits and Systems-I, 40, pp.147-156, 1993.
- [3] Arena P., Baglio S., Fortuna L., Manganaro G., "Chua's Circuit Can be Genarated by CNN Cells", IEEE Trans. on Circuits and Systems-I, Vol. 42/2, pp. 123-125, 1995.
- [4] Arena P., Baglio S., Fortuna L., Manganaro G., "Generation of n-Double Scrolls via Cellular Neural Networks", International Journal of Circuit Theory and Applications, Vol. 24, 241-252, 1996.
- [5] Günay E., Alçı M., "Generation of n-double Scrolls in SC-CNN-Based Circuit Using Diode-Based

Piecewise-Linear Systems", II'nd International Symposium on Electrical Electronic and Computer Engineering 11-13 March, Nicosia KKTC, 150-155, 2003.

[6] J.-S. R. Jang, "Anfis: Adaptive-network-based fuzzy inference system," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 23, pp. 665-685, 1993.