

# Çoklu Kaotik Çeker Üreten DK-HSA Devresinde Parçalı-Doğrusal Fonksiyon Karakteristiğinin Bulanık Sinir Ağı Kontrolörü İle Elde Edilmesi

Enis GÜNAY, Mustafa ALÇI, Selami PARMAKSIZOĞLU  
Erciyes Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38039 Kayseri  
egunay@erciyes.edu.tr, malci@erciyes.edu.tr, selamiparmak@mynet.com

**Özet:** Bu çalışmada Durum Kontrollü-Hücreyel Sinir Ağı (DK-HSA) devresinde, çoklu kaotik çeker yapılarının (*n*-double chaotic scrolls) oluşturulabilmesi amacıyla, parçalı-doğrusal (piecewise-linear) fonksiyon karakteristiğinin bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılarak elde edilmesi gösterilmiştir. Bulanık sinir ağı kontrolörünün eğitimi ANFIS kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## 1. Giriş

Son yıllarda Hücreyel Sinir Ağları (HSA), görüntü işleme ve kaotik işaret işleme başta olmak üzere daha birçok alanda teorik ve deneysel çalışmaya konu olmaktadır [1]. Kaotik işaret işleme konusunda HSA kullanılarak literatürde yer alan bir çok kaotik sistem modellenmiştir [2]. Bu çalışmalar içerisinde en dikkati çekici olanı Durum Kontrollü HSA (DK-HSA) olarak da bilinen, Chua devresinin genelleştirilmiş üç HSA hücresi kullanılarak elde edildiği çalışmadır [3]. Ayrıca müteakip çalışmalarda, DK-HSA devresinin parçalı-doğrusal karakteristiğine farklı kırılma noktaları eklenerek çoklu kaotik çeker yapılarının (*n*-double chaotic scrolls) elde edilebileceği de gösterilmiştir [4,5]. Bu çalışmada ise, DK-HSA devresinin parçalı-doğrusal karakteristiği bir bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılarak elde edilmektedir. Önerilen bulanık sinir ağı kontrolörü ile hem orijinal DK-HSA devresi davranışı hem de çoklu kaotik çeker yapıları üretilebilmektedir. Bildirinin organizasyonu şu şekildedir: Bölüm 2’de DK-HSA devresinde çoklu çeker yapılarının oluşturulması kısaca verilmektedir. Bölüm 3’te ise önerilen bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılarak parçalı-doğrusal fonksiyon karakteristiğinin elde edilmesi ve elde edilen benzetim sonuçları yer almaktadır. Bölüm 4’te ise sonuç kısmı verilmektedir.

## 2. Çoklu Kaotik Çeker Yapılarının DK-HSA Devresi Kullanılarak Elde Edilmesi

DK-HSA yapısı kullanılarak Chua devresinin dinamikleri aşağıdaki gibi elde edilmektedir. [3]. Denklem (1)’de  $x$  durum değişkenini ve  $y$  hücre çıkışını temsil ederken, hücre çıkışının parçalı-doğrusal karakteristiği Denklem (2)’de verilmektedir.

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -x_1 + 3.857 y_1 - 1.5714 x_1 + 9x_2 \\ \dot{x}_2 &= -x_2 + x_1 + x_3\end{aligned}\quad (1)$$

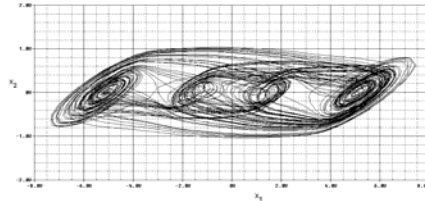
$$\begin{aligned}\dot{x}_3 &= -x_3 - 14.286 x_2 + x_3 \\ y_1 &= 0.5 \cdot (|x_1 + 1| - |x_1 - 1|)\end{aligned}\quad (2)$$

Çoklu kaotik çeker yapılarını oluşturmak üzere, Denk. (2)’deki parçalı-doğrusal çıkış fonksiyonu karakteristiğinde, Denk. (3)’te gösterildiği gibi farklı kırılma noktaları eklenmektedir [4].

$$y_1 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{2n-1} n_k (|x + b_k| - |x - b_k|)\quad (3)$$

Denk. (3)’te  $b_k$ , parçalı-doğrusal karakteristiğin kırılma noktalarını oluştururken  $n_k$  ise kırılma noktalarında oluşan eğimlerini göstermektedir. Nitekim Şekil 1’de, 4’lü kaotik çeker (2-double) uygulaması Pspice benzetimi ile görülürken, çıkış fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır [4]:

$$y_1 = 3.857 * \frac{1}{2} (|x + 1| - |x - 1|) - 7.714 * \frac{1}{2} (|x + 2.15| - |x - 2.15|) + 7.714 * \frac{1}{2} (|x + 3.6| - |x - 3.6|)\quad (4)$$

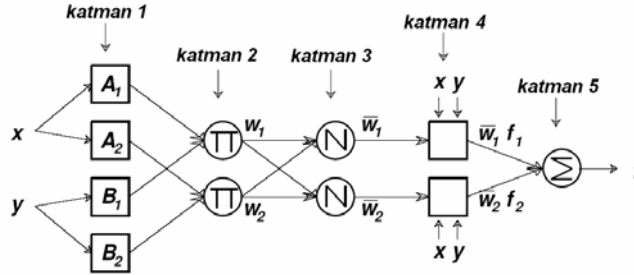


Şekil 1. DK-HSA devresinde 4 çekerli kaotik yapı.

### 3. Bulanık Sinir Ağı Kontrolörü Kullanılarak Parçalı-Doğrusal Karakteristiğe Sahip Çıkış Fonksiyonunu Elde Edilmesi

Bulanık sinir ağı sistemi, bulanık sistemin avantajları ile öğrenebilme kabiliyetine sahip sinir ağının avantajlarının birleşmesinden oluşmaktadır. Sinir ağı öğrenmesi, belirli özelliklerin karşılanması için ek bulanık kurallar ve üyelik fonksiyonlarını otomatik olarak üretmektedir ve uzman bilgilerini sağlamanın iyi bir yolu olmakla birlikte tasarım ve maliyeti de azaltmaktadır. Bulanık sinir ağı kontrolörü ise bulanık sinir ağı ile istenen modele göre eğitimi yapılarak kuralları belirlenmiş yapının bir bulanık kontrolöre yüklenmiş halidir [6]. 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 2'de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{If } x \text{ is } A_1 \text{ and } y \text{ is } B_1 \text{ then } f_1 &= p_1x + q_1y + r_1 \\ \text{If } x \text{ is } A_2 \text{ and } y \text{ is } B_2 \text{ then } f_2 &= p_2x + q_2y + r_2 \end{aligned} \quad (5)$$



Şekil 2. İki kurallı bulanık sinir ağı yapısının şematik gösterimi.

Şekil 2'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.

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x) \quad (6)$$

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 (7)'de verilen çan eğrisi fonksiyonunda  $\{a_i, b_i, c_i\}$  üyelik fonksiyonuna ait dayanak parametreleridir.

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x-c_i}{a_i}\right)^2\right]^{b_i}} \quad (7)$$

**2. Katman:** Bu katmandaki her bir düğüm, kendisine gelen sinyallerin çarpımını çıkış olarak üreten,  $\Pi$  olarak etiketlenirilmiş sabit bir düğümdür. Her bir düğümün çıkışı, her bir kural için tetikleme ağırlığını oluşturur.

$$\omega_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y) \quad i=1,2,\dots \quad (8)$$

**3. Katman:** Bu katmanda her bir düğüm N ile etiketlenirilmiş 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.

$$\varpi_i = \frac{\omega_i}{\omega_1 + \omega_2} \quad i=1,2,\dots \quad (9)$$

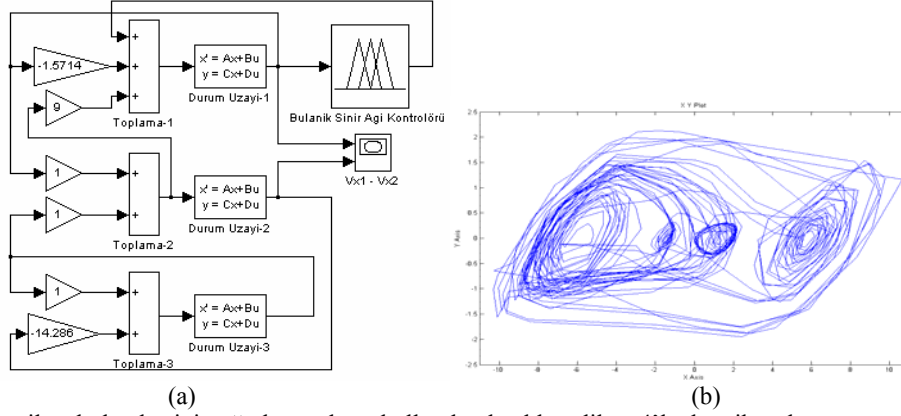
**4. Katman:** Bu katmandaki her bir düğüm, Denklem (10)'da gösterilen fonksiyonu ile verilen bir çıkışa sahiptir. Burada  $\varpi_i$  3. katmanın çıkış ifadesini temsil ederken  $\{p_i, q_i, r_i\}$  parametre kümesini göstermektedir. Bu katmadaki parametreler sonuç parametreleri olarak ifade edilmektedir.

$$O_j^4 = \varpi_i f_i = \varpi_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (10)$$

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

$$O_1^5 = \text{overall output} = \sum_i \varpi_i f_i = \frac{\sum_i \omega_i f_i}{\sum_i \omega_i} \quad (11)$$

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 (4)'te verilen DK-HSA çıkış 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 400 epokta tamamlanmıştır. Şekil 3'te bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılarak modellenen parçalı-doğrusal karakteristiğe sahip çıkış fonksiyonunun kullanıldığı DK-HSA devresi ve elde edilen 4'lü kaotik çeker yapısı görülmektedir.



Şekil 3. (a) Önerilen bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılarak elde edilen 4'lü kaotik çeker yapısı, (b) Bu kontrolörün kullanıldığı DK-HSA blok devresi.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada bulanık sinir ağı kontrolörü kullanılarak tasarlanan parçalı-doğrusal çıkış fonksiyon karakteristiğinin kullanıldığı DK-HSA'da çoklu kaotik çeker yapılarının elde edilmesi gösterilmiştir. Elde edilen sonuçtan da görüldüğü üzere, bulanık sinir ağı kontrolörü tabanlı DK-HSA yapısı ile yukarıda verilen bilgisayar benzetim sonuçları uyumludur. Bu çalışmayla yeni bir çoklu kaotik çeker üreten DK-HSA yapısı sunulmaktadır. Bulanık sinir ağı kontrolörünün DK-HSA yapısında kullanılması çıkış fonksiyonunun tasarlanma aşamasını hızlandırmıştır. Böylece çoklu kaotik çeker üreten DK-HSA yapısının bilgisayar benzetim süresinin oldukça kısaltıldığı görülmüştür. Ayrıca güvenilir haberleşme sistemlerinde kullanılan kaotik devreler açısından önerilen devrede bulanık sinir ağı kontrolörünün kural tabanının gizli olması, sistemin güvenilirliğini bir ölçüde artırmaktadır.

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBT-05-33 numaralı proje ile desteklenmiştir.

#### 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 Generated 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.