

# KÜÇÜK BOYUTLU HÜCRESEL SINİR AĞLARINDA GEÇİCİ REJİMLERİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Baran TANDER<sup>1</sup>

Canan ŞENOL<sup>2</sup>

Murat BAŞKAN<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Elektrik – Elektronik Teknikerliği Programı,  
Teknik Bilimler MYO, Kadir Has Üniversitesi, 34230-01, Cibali, İstanbul

<sup>2</sup>Elektronik Müh. Bölümü,  
Mühendislik Fakültesi, Kadir Has Üniversitesi, 34230-01, Cibali, İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: tander@khas.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: canan@khas.edu.tr

<sup>3</sup>e-posta: mbaskan@khas.edu.tr

*Anahtar sözcükler: Hücresel Sinir Ağları, Devre Tasarımı, Geçici Rejimler*

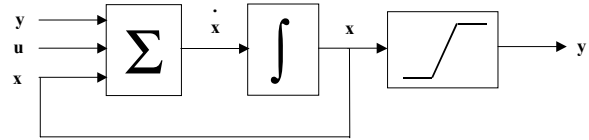
## ABSTRACT

*In this paper, transient analysis of small-scale cellular neural networks are carried out experimentally. First, an analog CNN neuron is designed by using conventional operational amplifier blocks. A 1x2-cell CNN is constructed with the design, then it is simulated by the MultiSIM circuit simulation program. This system is realized in the laboratory and the transient analysis results are compared with the simulations. The oscillation frequencies of an unstable biased network and the convergence times of a stable biased one are investigated.*

## 1. GİRİŞ

Hücresel sinir ağları (HSA); ilk defa 1988 yılında L.O.Chua tarafından tanımlanmış [1], görüntü işleme [2], kaotik haberleşme [3] gibi birçok alanda uygulamaları bulunan özel bir sınıf dinamik sinir ağı yapılarıdır. Yine bir dinamik sinir ağı yapısı olan Hopfield ağlarından farklı olarak HSA’ da bir hücre sadece komşu hücrelerine bağlıdır. HSA’ nın Hopfield ağlarından diğer bir farkı da kararlı durumda çıkışın sadece  $\pm 1$  değerlerinden birini alabilmesidir. Yani kararlı bir HSA, iki boyutlu sabit girişlerin seçildiği bir  $[-1,1]^{M \times N}$  giriş uzayından, kalıcı durum çıkışlarının değer aldığı  $\{-1,1\}^{M \times N}$  uzayına cebrik bir dönüşüm olarak tanımlanabilir [4].

Her dinamik sinir ağı hücresinde olduğu gibi HSA hücresinde de girişte bir toplama birimi, bir dinamik birim ve bir aktivasyon fonksiyonu (parça – parça lineer fn.) birimi mevcuttur. Söz konusu hücrenin blok şeması şekil – 1’ de gösterilmiştir.



Şekil – 1: Bir HSA hücresinin blok şeması

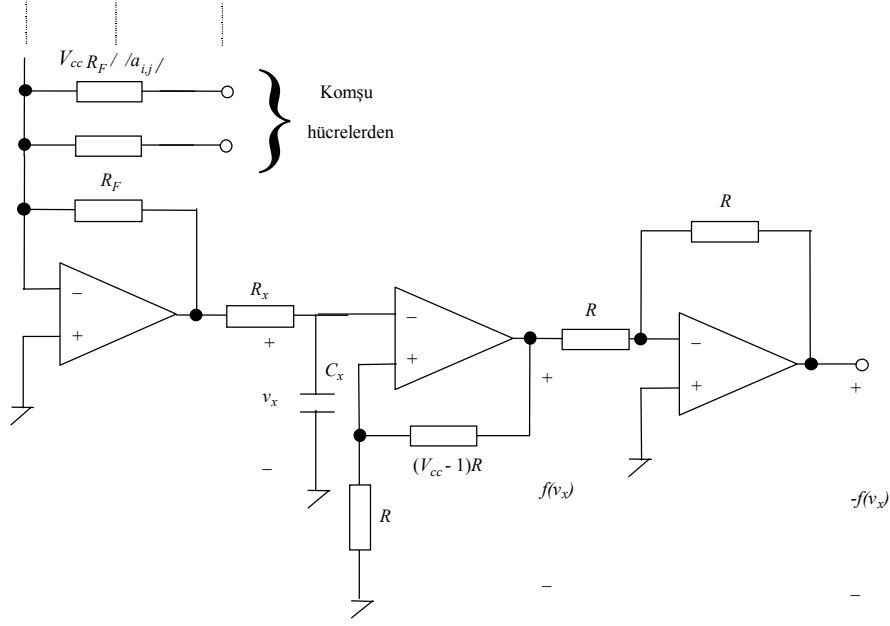
## 2. HSA DEVRELERİ

Yukarıdaki şekilde gösterilen toplama ve aktivasyon fonksiyonu birimleri, konvansiyonel işlemsel kuvvetlendirici bloklarıyla gerçekleştirilmekte, ortadaki dinamik birim için bir RC ya da LR devresi kullanılabilir [5].

Tüm bu blokların yerine işlemsel kuvvetlendiricili devreler yerleştirilip bir hücre için şekil – 2’ deki tam devre tasarlanabilir. Burada en soldaki işlemsel kuvvetlendirici bloğu, ağıdaki ağırlık katsayılarını tanımlayan dirençler oranında komşu hücrelerin çıkış gerilimlerini toplayacak, bu bloğun çıkışındaki RC devresi bu hücrenin dinamik birimini oluşturacak, sonraki işlemsel kuvvetlendiricili bloklar ise aktivasyon fonksiyonlarını gerçekleyecektir. İkinci işlemsel kuvvetlendiricinin çıkışı negatif değerli ağırlık katsayıları için kullanılır. Eleman değerlerinin hesabı şekilde gösterilmiştir ve devrede tüm işlemsel kuvvetlendiriciler için en konvansiyonel 741 tümdevresi kullanılabilir.

## 3. BENZETİMLER

Çalışmada, 1x2’ lik bir HSA, kararlı ve kararsız durumlarda kutuplanmış ve tasarlanan devrelerin geçici rejimleri önce MultiSIM devre analiz



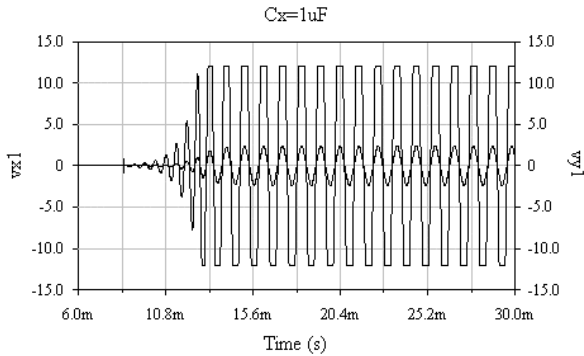
Şekil – 2: Tam bir HSA hücresi.

programıyla incelenip ardından laboratuvar ortamında gerçeklemeleri yapılmıştır. Benzetim ve gerçeklemede, kararsız kutuplama için Nossek tarafından verilmiş [6] sistemin osilasyon yapmasını sağlayan ağırlık katsayıları ve kararlı kutuplama için de Savacı ve Vanderwelle tarafından gösterilen [7] koşullar kullanılmıştır. Burada  $\pm V_{cc} = \pm 13V$ ,  $C_x = 1\mu F \dots 10\mu F$  ve ağırlık katsayısı dirençleri dışındaki tüm dirençler  $1k\Omega$  seçilmiştir.

$$T_{osilasyon} = \begin{bmatrix} 2(R_{11} = \frac{V_{cc} R_F}{|a_{11}|} \cong 5.6k\Omega) & 5(2.2k\Omega) \\ -5(2.2k\Omega) & 2(5.6k\Omega) \end{bmatrix}$$

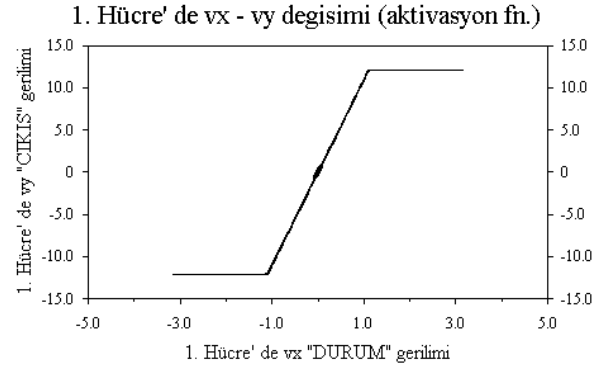
$$T_{kararlı} = \begin{bmatrix} 2(R_{11} = \frac{V_{cc} R_F}{|a_{11}|} \cong 5.6k\Omega) & 0,394(33k\Omega) \\ -0,394(33k\Omega) & 2(5.6k\Omega) \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki ağırlık katsayıları kullanılarak, benzetim sonucu elde edilen 1. hücredeki  $v_x$  durum ve  $v_y$  çıkış gerilimlerinin zaman domeni dalga şekilleri şekil –3’ te gösterilmiştir.



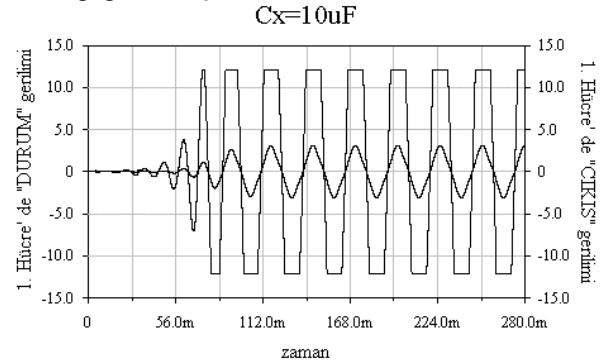
Şekil – 3: 1x2’ lik sistemde 1. Hücre’ de  $1\mu F$  için gerilimler.

Aynı hücrede  $v_x$  “DURUM” ve  $v_y$  “ÇIKIŞ” dalga şekilleri birbirine göre çizdirilirse sözkonusu hücre için şekil – 4’ teki parça – parça lineer aktivasyon fonksiyonu karakteristiği elde edilir.



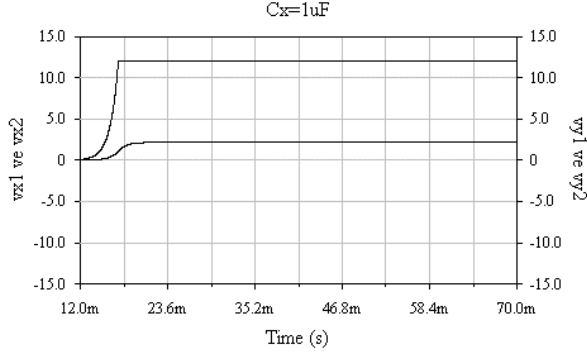
Şekil – 4: 1. Hücre’ nin aktivasyon fonksiyonu.

Sistemde  $C_x$  kondansatörü  $10\mu F$  yapıldığında osilasyon frekansının değiştiği, hemen hemen 10 kat azaldığı gözlenmiştir.



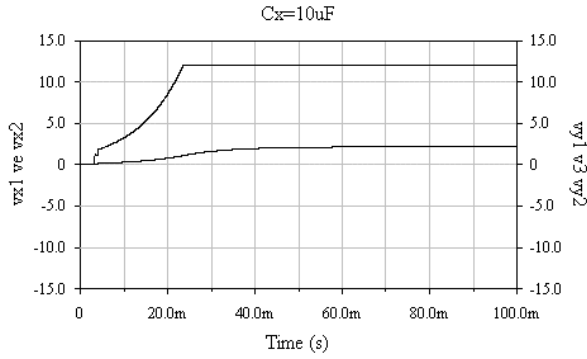
Şekil – 4: 1x2’ lik sistemde 1. Hücre’ de  $10\mu F$  için gerilimler.

Kararlı kutuplanmış sistemdeki birinci ve ikinci hücrelerinin  $v_{x1}(t)$  ve  $v_{x2}(t)$  durum gerilimlerinin benzetim sonuçları  $v_{x1}(0) = v_{x2}(0) = 0.1V$  başlangıç koşulları ve  $C_{x1} = C_{x2} = 1\mu F$  lık kapasiteler için aşağıda gösterilmiştir.



Şekil – 5: 1x2' lik sistemde hücrelerde kararlı kutuplamada 1µF için gerilimler.

Dinamik birimdeki kapasitelerin değerleri  $C_x = 10\mu F$  olarak artırılırsa yakınsama zamanlarının da artacağı aşağıdaki grafikten görülmektedir:



Şekil – 6: 1x2' lik sistemde hücrelerde kararlı kutuplamada 10µF için gerilimler.

#### 4. DENEYLER

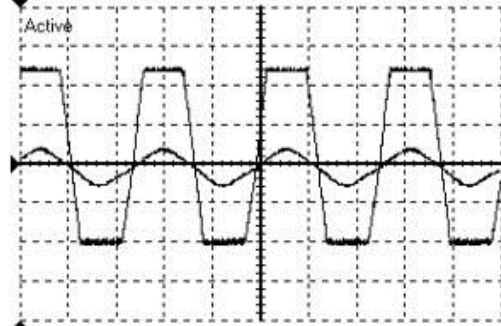
Şekil – 2' deki hücre yapısı kullanılarak,  $C_x=1\mu F$  için laboratuvar ortamında kurulan 1x2' lik HSA' nın 1. hücresinin  $v_x$  “DURUM” ve  $v_y$  “ÇIKIŞ” gerilimleri şekil – 7' de, yine 1. hücrede elde edilen parça – parça lineer aktivasyon fonksiyonu şekil – 8' de çizdirilmiştir.

#### 5. SONUÇLAR

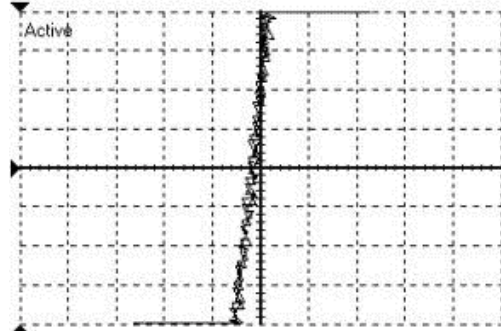
Tasarlanan devrenin benzetimi ve gerçekleşmesi sonrasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Tasarlanan devre temel işlemsel kuvvetlendirici bloklarından oluştuğundan çok basit bir yapıdadır ve daha büyük ölçekli HSA' nın gerçekleşmesi için uygundur,
- Hücrede, kararlı HSA için yakınsama zamanını, osilasyon yapan HSA için de osilasyon frekansını RC devresi belirlemektedir, dolayısıyla bu parametreler ağırlık katsayıları matrisinden bağımsızdır,

- Kararlı sistemlerde yakınsama zamanını iyileştirmek için daha önceden yapılmış çalışmaların aksine [8] ağırlık katsayılarıyla oynamak yerine sadece RC zaman sabitini azaltarak sözkonusu parametreyi iyileştirmek mümkündür.



Şekil – 7: 1x2' lik sistemde 1. Hücrede kararlı kutuplamada 1µF için osiloskoptan gözlenen “DURUM” ve “ÇIKIŞ” gerilimleri



Şekil – 8: 1x2' lik sistemde 1. Hücrede osiloskoptan gözlenen aktivasyon fonksiyonu.

#### KAYNAKLAR

- [1] CHUA L.O., YANG L., “Cellular Neural Networks: Theory”, IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol.35, No.10, pp. 1257 – 1272, Ekim 1988,
- [2] CHUA L.O., YANG L., “Cellular Neural Networks: Applications”, IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol.35, No.10, pp. 1273 – 1290, Ekim 1988,
- [3] TANDER B., ÖZMEN A., “Kaotik Maskeleye ile Güvenli Haberleşme Simülasyonlarında Hücresel Sinir Ağı (HSA) Tabanlı Devrelerin Uygulamaları”, 8. IEEE Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı (SIU' 2000), Haziran 2000, Antalya, pp. 86 – 89 (Poster),
- [4] GÜZELİŞ C., “Hücresel Yapay Sinir Ağlarıyla Görüntü İşlenmesi”, Rapor, TÜBİTAK Proje No.: EEEAG – 103, Ocak 1993, İstanbul
- [5] TANDER B., ÜN M., “Hücresel Sinir Ağları İçin Gerilim Kaynaklı Hücre Modelleri”, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Elektrik – Elektronik Dergisi, Cilt: 1, Sayı: 2, pp. 209 – 221,
- [6] ZOU F., NOSSEK J.A., “Stability of Cellular Neural Networks with Opposite – Sign

- [7] *Templates*", IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol. 38, No. 6, pp. 675 – 677, Haziran 1991,  
SAVACI F.A., VANDERWALLE J., "*On the Stability of Cellular Neural Networks*", IEEE Trans. Circuits and Systems, Vol.40, No. 3, pp. 213 – 215, Mart 1993,
- [8] HANGGI M., MOSCHYTZ G.S., "*An Analysis of CNN Settling Time*", IEEE Trans. Circuits and Systems Part – I: Fund. Theory and App., Vol. 47, No. 1, pp. 9 – 24, Ocak 2000.