

# FTFN TABANLI HÜCRESEL SİNİR AĞLARINDA KENAR ÇIKARIM İŞLEMLERİNİN YAPILMASI

Enis GÜNAY

Mustafa ALÇI

Esmâ UZUNHİSARCIKLI

Erciyes Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri  
egunay@erciyes.edu.tr

Anahtar sözcükler: Hücresel Sinir Ağları, Kenar Çıkarımı, FTFN

## ÖZET

Bu bildiride Hücresel Sinir Ağı (HSA) kullanılarak kenar çıkarım (edge detection) işlemi için Four Terminal Floating Nullor (FTFN) tabanlı bir devre önerilmiştir. Öncelikle tek bir HSA hücresi tasarlanmış daha sonra da 5X5 ve 10X10 boyutlarında HSA kullanılarak giriş örneklerinin kenar çıkarımı yapılmıştır.

## 1. GİRİŞ

1988 yılında Chua ve Yang [1,2] tarafından ilk olarak tanıtılmasından itibaren Hücresel Sinir Ağları (HSA), görüntü işleme başta olmak üzere doğrusal olmayan sistem modelleme, kaotik sistemlerin incelenmesi ve daha bir çok konuda ilgi alanı oluşturmuştur [3,4]. HSA, gerçek zamanda işaret işleyen, geniş ölçekli doğrusal olmayan hücre (cell) adı verilen toplu devre yapılarından meydana gelmektedir [5].

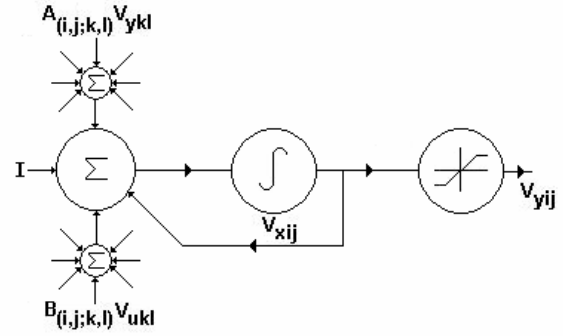
HSA hücrelerinin tasarlanmasında voltaj modlu ve akım modlu bir çok analog devre bloğu kullanılmıştır [6-8]. Bu devre blokları içerisinde akım modlu devreler büyük band genişliği, yüksek hız, geniş doğrusallık ve büyük değişim oranı (slew rate) gibi özelliklerinden dolayı son yıllarda elektronik devre tasarımında oldukça ilgi görmektedir.

Nitekim akım modlu devre blokları içerisinde Four Terminal Floating Nullor (FTFN), daha esnek ve çok yönlü kullanıma uygun bir yapıya sahip olmasından dolayı, aktif devre tasarımı voltaj modlu işlemsel kuvvetlendiriciler ve akım taşıyıcılardan daha çok tercih edilmektedir [9].

Bu çalışmada öncelikle tek bir HSA hücresinin FTFN tabanlı olarak tasarlanması gösterilecektir. Daha sonra 5X5 ve 10X10'luk HSA yapıları içerisinde giriş görüntülerine kenar çıkarımı işlemi uygulanacaktır. Önerilen devrenin analizleri Pspice benzetimleri ile yapılacaktır.

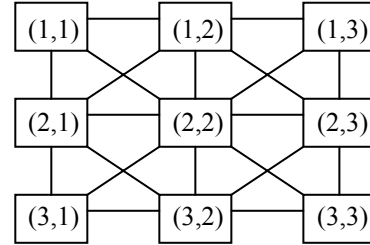
## 2. HSA Devre Yapısı

HSA, hücre adı verilen ve gerçek zamanda işaret işleyen, geniş ölçekli doğrusal olmayan analog toplu devre yapılarından meydana gelmektedir. [1-5]. Bir HSA hücresinin blok diyagramı Şekil 1'deki gibidir.



Şekil-1. HSA hücresinin blok gösterimi.

Şekil 1'de u=giriş, x=durum ve y=çıkış olarak tanımlanmıştır. Sırasıyla  $V_{xij}$  hücre durumunu,  $V_{uij}$  hücrenin girişini gösterirken,  $V_{yij}$  ise hücrenin çıkışı olarak adlandırılır. Matris formatına uygun gösterim için  $i,j$  satır ve sütunu temsil etmektedir.  $k,l$  ise komşu hücreleri göstermektedir. HSA'ndaki her bir hücre yapısı, Şekil 2'deki gibi, en yakın komşusu doğrultusunda birbiriyle iletişim kurmaktadır.



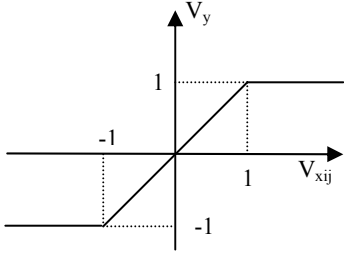
Şekil-2. 3X3 formatında 2 boyutlu hücresel sinir ağı. Şekildeki karelerin her birine hücre adı verilir. Aradaki bağlantılar hücreler arası etkileşimleri göstermektedir.

HSA'nın boyutsuz durum denklemi ise aşağıdaki gibidir.

$$\dot{X} = -X + A * y(X) + B * u + I \quad (1)$$

Denklem 1'deki A katsayısı, hücrenin komşu hücre çıkışlarıyla olan bağlantı ağırlıklarının oluştururken, B katsayısı ise hücrenin komşu girişleriyle olan bağlantı ağırlıklarının oluşturur. Denklem 1'de  $y(X)$  ile verilen hücrenin çıkış karakteristiği, Şekil 3'te görüldüğü üzere, parçalı-doğrusal bir karakteristiğe sahiptir ve Denklem 2'deki gibi tanımlanmaktadır.

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

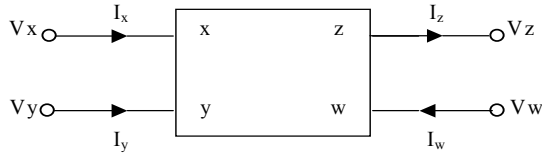


Şekil-3. Parçalı-doğrusal karakteristiğe sahip hücre çıkışı.

### 3. FTFN TABANLI HSA DEVRESİ

Bu bölümde öncelikle Four Terminal Floating Nullor (FTFN) yapısı ilgili kısa bilgi verildikten sonra FTFN tabanlı tek bir HSA hücresi tasarlanacaktır.

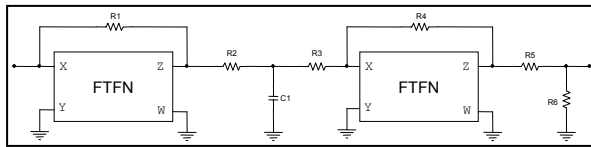
Şekil 4'te gösterilen bir FTFN yapısı için giriş-çıkış akım ve gerilimleri arasındaki ilişki Denklem 3'teki gibi verilmektedir.



Şekil-4. FTFN'nin blok olarak gösterimi.

$$\begin{aligned} V_x &= V_y \\ I_x &= I_y = 0 \\ I_z &= I_w \end{aligned} \quad (3)$$

Denklem 1'de tanımlı olan bir HSA hücresinin durum denklemlerinden yola çıkılarak önerilen FTFN-tabanlı tek bir HSA hücre devresi Şekil 5'te gösterilmektedir.



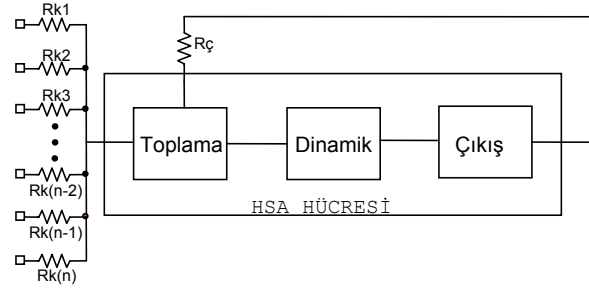
Şekil-5. FTFN-tabanlı tek bir HSA hücresi.

### 4. HSA'DA KENAR ÇIKARIMI İŞLEMİ

Literatürde HSA kullanılarak kenar çıkarımı (edge detection) işleminin yapılabilmesi için Bölüm 2'de bahsedilen  $A$ ,  $B$ ,  $I$  ağırlıkları matris formatında aşağıdaki gibi belirlenmiştir [4].

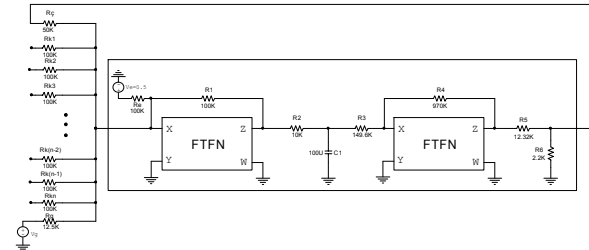
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 8 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}, \quad I = -0.5 \quad (4)$$

Öncelikle Bölüm 3'te önerilen FTFN-tabanlı tek bir HSA hücresi kullanılarak 5X5 büyüklüğünde bir ağ yapısı tasarlanmaktadır. Denklem 4'te verilen bağlantı ağırlıkları kullanılarak her bir hücrenin komşu diğer hücreler ile olan bağlantıları sağlanabilir. Buna göre, tasarlanan ağ yapısındaki her bir hücre için Şekil 6'da gösterilen blok yapı önerilmektedir.



Şekil-6. Önerilen 5X5 ağ yapısındaki bir HSA hücresinin blok gösterimi.

Şekil 6'da verilen tek bir HSA hücre bloğu için Şekil 5'te verilen devre yapısı kullanıldığında ise aşağıda görüldüğü üzere tam bir hücre devresi elde edilmektedir.



Şekil-7. Önerilen 5X5 ağ yapısındaki bir HSA hücresinin devre gösterimi.

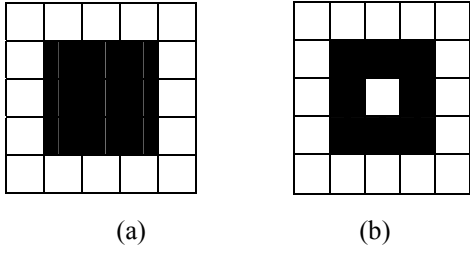
Şekil 7'deki  $V_g$  voltajı hücrelere uygulanan giriş görüntüsünün voltaj karşılığı temsil ederken  $V_e$  voltajı ise Denklem 4'te verilen eşik akımını ayarlamak için kullanılmaktadır.

Şekil 8 (a)'da 5X5 boyutundaki HSA için binary giriş görüntüsü verilmektedir. Buna göre siyah kareler +1 değerini alırken, beyaz kareler -1'ni almaktadır.

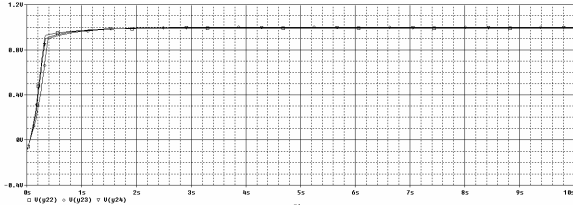
Bu değerler aynı zamanda HSA'da her bir hücre için giriş voltaj değerlerini de temsil etmektedir. Giriş görüntüsü matris formatında (1,1) ile (5,5) arasında numaralandırılabilir.

Kenar çıkarımı işlemi sonunda ortadaki siyah karenin beyaza dönmesi gerekmektedir. Bu noktada siyah kalan hücrelerin çıkış voltajlarına bakıldığında +1 değerini alması buna karşın beyaz olan hücrelerin çıkışının ise -1 değerini alması beklenir.

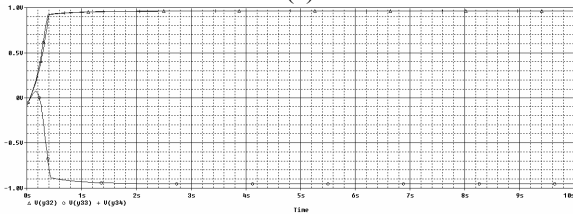
Buna göre (3,3) numaralı hücrenin çıkış voltajı -1 olmalıdır. Nitekim (2,2), (2,3), (2,4), (3,2), (3,3), (3,4), (4,2), (4,3) ve (4,4) numaralı hücrelerin çıkış voltaj grafikleri Şekil 9'da gösterilmektedir.



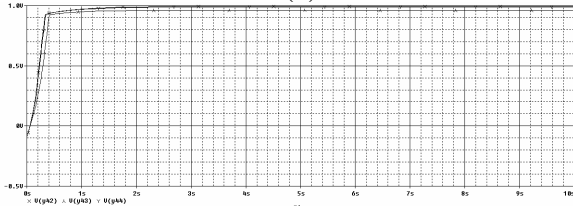
Şekil-8. 5X5'lik HSA için giriş ve çıkış görüntüleri.



(a)



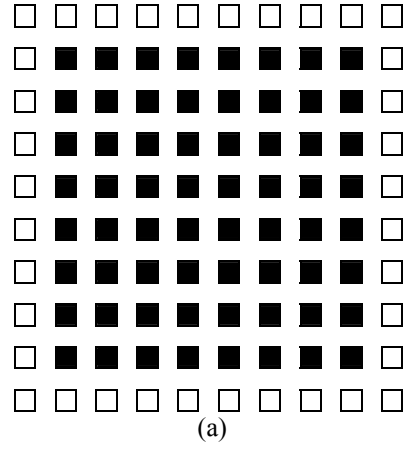
(b)



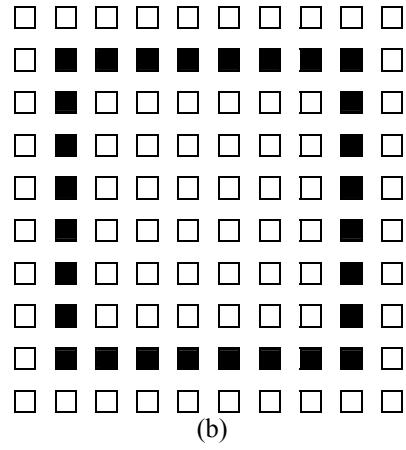
(c)

Şekil-9. (2,2), (2,3), (2,4), (3,2), (3,4), (4,2), (4,3), (4,4) numaralı hücrelerin çıkışları beklendiği gibi +1 değerini almakta yani siyah kalmakta iken (3,3) numaralı hücrenin çıkışı -1 olmakta yani beyaza dönmektedir.

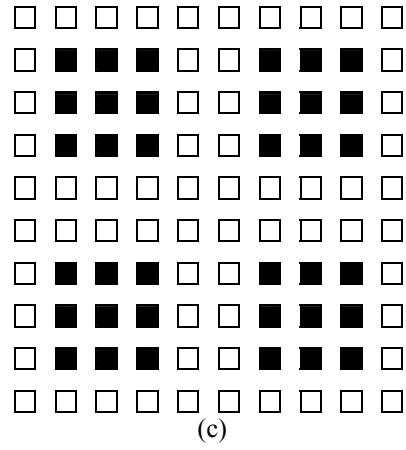
Şekil 10'da sırasıyla giriş ve çıkış görüntüleri verilmektedir. Dikkat edilirse önerilen yapı giriş görüntülerinin kenar çıkarımı işlemlerini başarıyla gerçekleştirmektedir.



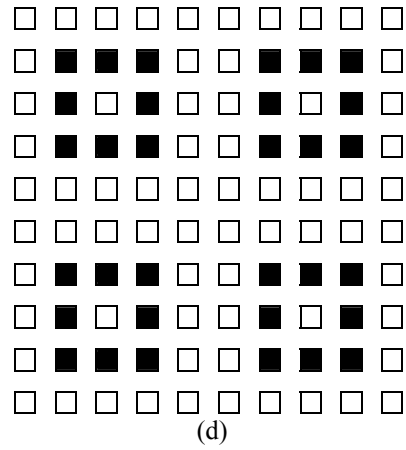
(a)



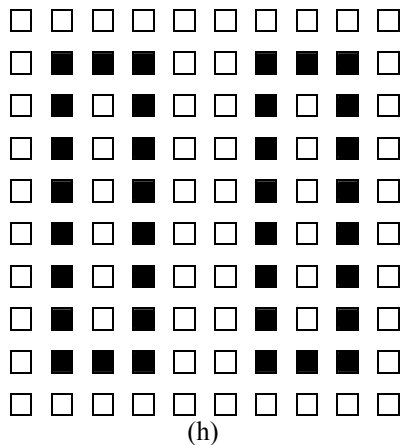
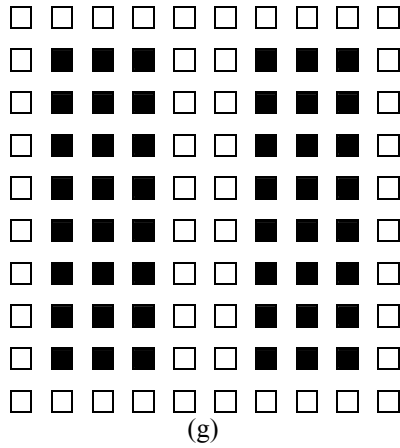
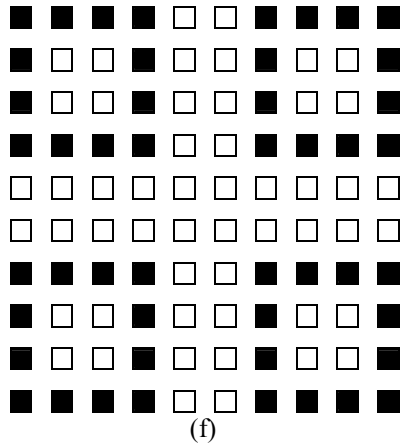
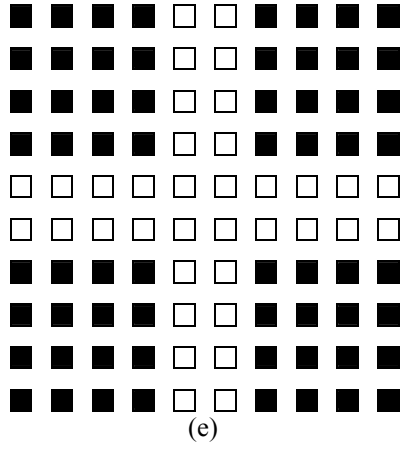
(b)



(c)



(d)



Şekil-10. Sırasıyla farklı giriş görüntüleri ve çıkış görüntüleri.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada HSA'da kenar çıkarımı işlemini gerçekleştiren bir devre bloğu önerilmiştir. 5X5 boyutlarında tasarlanan HSA'ya binary giriş görüntüleri uygulanmış ve önerilen devrenin performansı Pspice benzetimleri ile incelenmiştir. Benzetim sonuçlarından görülebileceği üzere tasarlanan devre bloğu kenar çıkarma işlemini başarıyla gerçekleştirmiştir. Farklı giriş görüntülerini uygulamak üzere ağın boyutu 10X10 yapılmış ve elde edilen binary çıkış görüntüleri eklenmiştir. Bu çalışma HSA'da kenar çıkarımı işlemi için alternatif bir devre örneği sunmaktadır. Kullanılan FTFN yapıları tümleşik olduğu ve devrenin geri kalan kısmının sadece R ve C elemanlarından oluştuğu göz önüne alınırsa, önerilen yapı tümleştirmeye hazır hale getirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Chua, L.O., Yang, L., Cellular Neural Networks: Theory, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS and SYSTEMS-I, Vol. 35, pp. 732-745, 1988.
- [2] Chua, L.O., Yang L., Cellular neural networks: Applications, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS and SYSTEMS-I, Vol. 35, pp. 1273-1290, 1988.
- [3] Chua, L.O., and Roska, T., The CNN paradigm, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS and SYSTEMS-I, Vol. 40, pp.147-156, 1993.
- [4] L.O. Chua., CNN: A Paradigm for complexity, WORLD SCIENTIFIC SERIES ON NONLINEAR SCIENCE, Series A- Vol. 31, World Scientific Publishing, 1998.
- [5] Chua, L. O., Roska, T., Kozek, T., Zangwill, A., The CNN Paradigm, ed. Roska, T., Vandewalle, J., Cellular Neural Networks, JOHN WILEY & SONS LTD. Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO191UD England, 1993.
- [6] Arena P., Baglio S., Fortuna L., Manganaro G., Chua's circuit can be generated by CNN cells, IEEE TRANSACTIONS. ON CIRCUITS AND SYSTEMS-I, Vol. 42, (2), pp.123-125, 1995.
- [7] Varrientos E. J., Sanchez- Sinencio E., Ramirez-Angulo J., A Current-Mode Cellular Neural Network Implementation, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS and SYSTEMS-II:ANALOG and DIGITAL SIGNAL PROCESSING, Vol. 40, No. 3, pp. 147-153, 1993.
- [8] Günay E, Uzunhisarcıklı E., Kılıç R., Alçı M., A Realization of SC-CNN-Based Circuit using FTFN, Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, TÜBİTAK, Vol. 13, No. 1, pp. 39-50, 2005.
- [9] Çam U., Kuntman H., A new CMOS realization of four terminal floating nullor (FTFN), INT. JOURNAL OF ELECTRONICS, 87, (7), pp. 809-817, 2000.