

# Yapay Sinir Ağları İle Optimum Kazançlı Piramidal Huni Antenlerin Tasarımı

Kerim Güney, Nurcan Sarıkaya\*

Erciyes Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi, Elektronik Bölümü,  
38039, Kayseri,  
kguney@erciyes.edu.tr,

\*Erciyes Üniversitesi,  
Sivil Havacılık Yüksek Okulu, Uçak Elektrik-Elektronik Bölümü,  
38039, Kayseri,  
nurcans@erciyes.edu.tr

**Özet:** *Yapay sinir ağlarına dayanan bir yöntem, optimum kazançlı piramidal huni tasarımı için sunulmuştur. İlk önce YSA ile huninin E-düzlem açıklık boyutu bulunmuş ve daha sonra huni antenin diğer tasarım parametreleri basit ve açık analitik formüllerden belirlenmiştir. YSA ile gerçekleştirilen on beş tane tasarım örneği sunulmuştur. YSA ağ yapısı olarak Levenberg-Marquardt algoritması ile eğitilen çok katlı perseptronlar kullanılmıştır. YSA'ya dayanan yöntem ile tasarımı yapılan huni antenlerin hesaplanan kazançlarının, literatürdeki mevcut yöntemlerle tasarımı yapılan hunilerin hesaplanan kazançlarından daha iyi arzu edilen kazançlarla uyumluluk içerisinde olduğu gösterilmiştir.*

## 1.Giriş

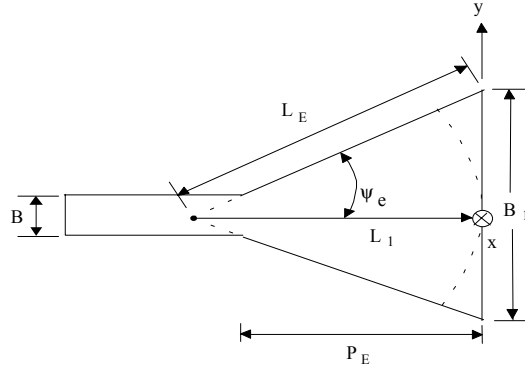
Piramidal huni antenler, haberleşme sistemlerinde büyük yansıtıcı ve mercek antenler için besleme elemanı olarak ve diğer yüksek kazançlı antenlerin kazanç ölçümleri ve kalibrasyonu için de genel bir standard elemanı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [1]-[2]. Bu piramidal huni antenler faz dizilerinde yüksek kazançta sahip eleman olarak da kullanılmaktadırlar. Bilinen mikrodalga devre elemanları ile bu antenlerin uyarımları çok kolaydır. Dikdörtgen geometrisinden dolayı yapımları basit ve maliyetleri düşüktür. Huni açıklık boyutları ayarlanarak, diğer boyutlarda ihmal edilebilecek derecede değişiklikler ile özel demet karakteristikleri elde edilebilmektedir.

Optimum kazançlı piramidal huni tasarımı için literatürde farklı doğruluklara, kabullere ve hesaplamalara sahip yöntemler mevcuttur [1]-[7]. Kaynak [1]-[2]'de sunulan yöntem, yalnız uzun, yüksek kazançlı hunilerin tasarımları için geçerli olup tasarım denklemi ancak iteratif deneme yöntemleri ile çözülebilmektedir. Hawkins [3] tarafından önerilen yöntemde uzun-huni yaklaşımı kullanılmamakta ancak huni tasarım denklemi yine iteratif bir teknikle çözülebilmektedir. Selvan [4] tarafından sunulan yöntem, yüksek kazançlı hunilerin tasarımına kısıtlı değildir. Selvan'ın yönteminde iteratif teknikler kullanılmamış, ancak huni sentez problemi dördüncü dereceden polinoma göre formülize edilmiştir. Selvan tarafından sunulan yöntem Güney [5] tarafından daha da geliştirilmiştir. Güney [6]-[7] tarafından iki tane basit tasarım denklemi sunulmuştur. Bu denklemler eğri uydurma yöntemleri ile elde edilmiş olup uzun, yüksek kazançlı huni tasarımlarına kısıtlı değildir.

Bu çalışmada, öğrenme yeteneği, kolayca farklı problemlere uyarlanabilirliği, genelleme yapabilmesi, daha az bilgi gerektirmesi, paralel yapılarından dolayı hızlı çalışabilme yeteneği ve kolay bir şekilde uygulanabilmesi gibi pek çok avantajından dolayı yapay sinir ağlarına (YSA) dayanan bir yöntem, optimum kazançlı piramidal huni tasarımı için sunulmuştur. YSA ile gerçekleştirilen 15 tane tasarım örneği verilmiştir. Bu tasarımlarda besleme dikdörtgen dalga kılavuzunun iç boyutları için dünya standart değerleri kullanılmıştır. YSA ağ yapısı olarak oldukça basit bu sebeple de yaygın bir şekilde kullanılan çok katlı perseptronlar (ÇKP) kullanılmıştır [8]-[10]. ÇKP'ler farklı öğrenme algoritmaları kullanılarak eğitilebilirler. Bu çalışmada, ÇKP'ler Levenberg-Marquardt algoritması [11] kullanılarak eğitilmişlerdir. Karşılaştırma yapmak amacıyla tasarımlar literatürde mevcut yöntemlerle de yapılmıştır.

## 2. Yapay Sinir Ağları İle Piramidal Huni Tasarımı

E-düzlem ( $B, B_1, L_E, L_1, P_E$ ) boyutları ile piramidal huni anten geometrisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Bunlara karşılık gelen H-düzlem boyutları ( $A, A_1, L_H, L_2, P_H$ )'dır. Piramidal huni tasarımında, genellikle arzu edilen



Şekil 1. Piramidal huninin E-düzlem boyutları

kazanç  $G$ , dalgaboyu  $\lambda$ , ve besleme dikdörtgen dalga kılavuzunun iç boyutları  $A, B$  bilinir. Diğer parametreler ( $B_1, L_E, L_1, P_E, A_1, L_H, L_2, P_H$ ) literatürdeki mevcut tasarım yöntemleri ile belirlenir. Optimum kazançlı piramidal huni için, açıklık boyutları ve uzunlukları arasındaki bağıntı [1]-[2]

$$B_1 = \sqrt{2\lambda L_1}, \quad A_1 = \sqrt{3\lambda L_2} \quad (1)$$

ile verilir. Çok iyi bilinmektedir ki optimum kazançlı piramidal huni tasarım parametreleri, E-düzlem ve H-düzlem açıklık boyutlarına çok sıkı bir şekilde bağlıdır. Eğer bu boyutlardan birinin değeri doğru olarak bulunabilirse, diğer tasarım parametreleri optimum kazanç denklemlerinden ve piramidal huni geometrisinden kolayca belirlenebilir. Bu çalışmada, ilk önce YSA ile E-düzlem açıklık boyutu  $B_1$ , arzu edilen kazanç ile tasarımı yapılan antenin hesaplanan kazancı arasındaki hata minimum olacak şekilde belirlenmiştir. Bu belirlendikten sonra diğer tasarım parametreleri aşağıdaki denklemlerden bulunmuştur [5]-[7].

$$L_E = \frac{B_1}{2} \sqrt{1 + \left(\frac{B_1}{\lambda}\right)^2}, \quad P_E = (B_1 - B) \left[ \left(\frac{L_E}{B_1}\right)^2 - \frac{1}{4} \right]^{1/2}, \quad A_1 = \frac{1}{2} \left( A + \sqrt{A^2 + 12P_E \lambda} \right) \quad (2)$$

$$L_H = A_1 \sqrt{\frac{1}{4} + \left(\frac{A_1}{3\lambda}\right)^2}, \quad P_H = (A_1 - A) \left[ \left(\frac{L_H}{A_1}\right)^2 - \frac{1}{4} \right]^{1/2}, \quad L_1 = \sqrt{L_E^2 - \left(\frac{B_1}{2}\right)^2}, \quad L_2 = \sqrt{L_H^2 - \left(\frac{A_1}{2}\right)^2} \quad (3)$$

Yukarıda verilen formüllerin elde edilmesinde uzun-huni yaklaşıklığı,  $L_1 \cong L_E$  and  $L_2 \cong L_H$  kullanılmamıştır. Dolayısıyla bu formüller uzun, yüksek kazançlı huni tasarımlarına kısıtlı değildir.

## 3. Çok Katlı Perseptronlar (ÇKP)

Temel bir ÇKP [8], üç ana kattan oluşur: Giriş katı, çıkış katı ve gizli kat. Giriş katındaki işlem elemanları veya nöronlar, sadece giriş sinyali  $x_i$ 'nin, gizli kattaki nöronlara dağıtılmasını sağlayan tampon görevini yaparlar. Gizli katta bulunan her bir  $j$  indisli işlem elemanı;  $x_i$  giriş sinyalini, giriş katından  $w_{ji}$  ağırlıkları ile çarptıktan sonra toplar ve toplamın bir  $f$  fonksiyonu olarak  $y_i$  çıkışını aşağıdaki gibi hesaplar.

$$y_i = f(\sum w_{ji} x_i) \quad (4)$$

Burada  $f$  sigmoidal veya hiperbolik tanjant fonksiyonu gibi basit bir eşik fonksiyonu olabilir. Çıkış katındaki nöronların çıkışları da benzer şekilde hesaplanır. Bir ağı eğitme işlemi, değişik öğrenme algoritmalarını kullanarak ağınlıkların ayarlanmaktan oluşur. Bu çalışmada, ÇKP'ler Levenberg-Marquardt algoritması kullanılarak eğitilmişlerdir.

#### 4. Sonuçlar

Yukarıda sunulan YSA ile tasarım yönteminin doğruluğunu ve geçerliliğini göstermek için, on beş tane tasarım örneği verilmiştir. Bu tasarım örneklerinin frekanslarının  $f$ , arzu edilen kazançlarının  $G$  ve standart besleme dikdörtgen dalga kılavuzu iç boyutlarının  $A$  ve  $B$  değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1'de verilen bu değerler kullanılarak  $B_1$  değerleri Güney tarafından sunulan tasarım yöntemi [5] ile bulunmuş ve  $B_1$  değerleri arzu edilen kazanç ile tasarımı yapılan antenin hesaplanan kazanç arasındaki hata değeri daha da minimum olacak şekilde tekrar belirlenmiştir. Bu belirlenen yani arzu edilen  $B_1$  değerleri Tablo 2'de verilmiştir. YSA modelinin girişleri, Tablo 1'de verilen  $f$ ,  $G$ ,  $A$  ve  $B$ 'dir, çıkışı ise Tablo 2'de verilen arzu edilen  $B_1$  değerleridir. Dokuzuncu ve on ikinci tasarımlar ağı test etmek amacıyla diğerleri de eğitmek amacıyla kullanılmıştır. YSA'dan elde edilen  $B_1$  değerleri Tablo 2'de sunulmuştur.  $B_1$  değerleri YSA ile belirlendikten sonra diğer tasarım parametreleri (2)-(3) denklemlerinden bulunmuştur.

Tablo 1. Frekans, arzu edilen kazançlar ve standart besleme dikdörtgen dalga kılavuzunun iç boyutları.

Tasarım No	Dalga Kılavuzu Standardı		Frekans (GHz)	Arzu Edilen Kazanç (dB)	Dalga Kılavuzu Boyutları (cm)	
	IEC	WR			A	B
1	R14	WR650	1.431	15.85	16.510	8.2550
2	R22	WR430	2.163	16.50	10.922	5.4610
3	R26	WR340	2.736	17.40	8.6360	4.3180
4	R32	WR284	3.275	18.20	7.2140	3.4040
5	R40	WR229	4.061	18.80	5.8170	2.9083
6	R48	WR187	4.968	19.95	4.7550	2.2149
7	R58	WR159	5.849	20.85	4.0390	2.0139
8	R70	WR137	6.779	21.75	3.4850	1.5799
9	R84	WR112	8.290	22.05	2.8499	1.2624
10	R100	WR90	10.34	22.70	2.2860	1.0160
11	R120	WR75	12.40	23.20	1.9050	0.9525
12	R140	WR62	14.95	23.50	1.5799	0.7899
13	R180	WR51	18.24	23.85	1.2954	0.6477
14	R280	WR34	27.36	24.30	0.8636	0.4318
15	R320	WR28	33.22	24.60	0.7112	0.3556

Tablo 2. Arzu edilen  $B_1$  değerleri ile YSA ile bulunan  $B_1$  değerlerinin karşılaştırılması.

No	Arzu Edilen $B_1$ (m)	YSA $B_1$ (m)
1	0.43867213531061	0.43867200041695
2	0.31441542464487	0.31441818906866
3	0.27745691029709	0.27744779491644
4	0.25486247265277	0.25487005735687
5	0.22140310957030	0.22140860956540
6	0.20728011748890	0.20726498766717
7	0.19634325174733	0.19635269939057
8	0.18805991853821	0.18805938677312
9	0.15926696017219	0.15924945899161
10	0.13789581426676	0.13790284865062
11	0.12224299668260	0.12223028871657
12	0.10502965303757	0.10501803392225
13	0.08969475353845	0.08970228345216
14	0.06303561588686	0.06303244444426
15	0.05377252147516	0.05377340122219

Tasarımlar, karşılaştırma yapmak amacıyla Tablo 1’de verilen değerler kullanılarak, [2] ve [4]-[7]’de sunulan yöntemlerle de yapılmıştır. Tasarımı yapılan piramidal hunilerin hesaplanan kazançları ile arzu edilen kazançlar çok iyi bir uyumluluk içerisinde olmalıdır. Bu çalışmada, tasarımı yapılan hunilerin kazançları, yol uzunluk hata yaklaşıklığı yapılmadan elde edilen kazanç düşme faktörlerinin nümerik integralinden [12] hesaplanmıştır. YSA ve literatürdeki mevcut yöntemlerle tasarımı yapılan piramidal hunilerin hesaplanan kazançları ile arzu edilen kazançlar arasındaki mutlak hatalar Tablo 3’de verilmiştir. YSA’ya dayanan yöntemin hatalarının diğer yöntemlerin hatalarına göre daha düşük olduğu Tablo 3’den görülmektedir. Bu düşük mutlak hatalar, YSA’ya dayalı yöntemin optimum kazançlı piramidal huni tasarımında kullanılabileceğini açıkça göstermektedir. Burada sunulan YSA’ya dayanan yöntem, uzun ve yüksek kazançlı huni tasarımlarına da kısıtlı değildir. Bu yöntemin en büyük avantajı, elde edilen sonuçların mükemmel bir doğrulukta olmasıdır.

Tablo 3. YSA ve literatürdeki mevcut yöntemlerle tasarımı yapılan piramidal hunilerin hesaplanan kazançları ile arzu edilen kazançlar arasındaki mutlak hatalar (dB).

No	YSA	[2]	[4]	[5]	[6]	[7]
1	0.0000025	0.1836811	0.1613285	0.0009266	0.0587166	0.0080216
2	0.0000716	0.1632670	0.1408451	0.0001963	0.0517673	0.0068879
3	0.0002701	0.1388987	0.1163846	0.0011295	0.0425230	0.0052612
4	0.0002459	0.1205999	0.0980065	0.0015529	0.0189524	0.0114656
5	0.0002066	0.1086894	0.0860470	0.0017028	0.0288863	0.0025330
6	0.0006106	0.0896195	0.0668869	0.0017473	0.0025781	0.0074626
7	0.0004053	0.0776090	0.0548198	0.0016571	0.0099355	0.0016103
8	0.0000239	0.0677083	0.0448687	0.0015113	0.0148249	0.0040751
9	0.0009284	0.0648150	0.0419607	0.0014575	0.0205600	0.0048105
10	0.0004322	0.0591614	0.0362786	0.0013385	0.0238170	0.0024162
11	0.0008844	0.0553321	0.0324302	0.0012493	0.0087742	0.0068096
12	0.0009421	0.0532285	0.0303156	0.0011951	0.0111336	0.0073812
13	0.0007156	0.0509447	0.0280200	0.0011333	0.0137854	0.0081094
14	0.0004295	0.0482578	0.0253190	0.0010566	0.0171999	0.0089493
15	0.0001398	0.0466105	0.0236631	0.0010074	0.0194518	0.0094800

## Kaynaklar

- [1]. Love A. W., Electromagnetic Horn Antennas. IEEE Press, New York, A.B.D., 1976.
- [2]. Balanis C.A., Antenna Theory: Analysis and Design. John Wiley & Sons, New York, A.B.D., 1982.
- [3]. Hawkins D.C., “Improvements to synthesis of waveguide horns”, Electronics Letters, 28, s. 879-881, 1992.
- [4]. Selvan K.T., “Accurate design method for optimum gain pyramidal horns”, Electronics Letters, 35, s. 249-250, 1999.
- [5]. Güney K., “Improved design method for optimum gain pyramidal horns”, Int J of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 11, s. 188-193, 2001.
- [6]. Güney K., “Simple design method for optimum gain pyramidal horns”, AEU-International Journal of Electronics and Communications, 55, s. 205-208, 2001.
- [7]. Güney K., “A new design method for optimum gain pyramidal horns”, Electromagnetics, 21, s. 497-505, 2001.
- [8]. Haykin S., Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Macmillan College Publishing Company, New York, 1994.
- [9]. Zhang Q.J. ve Gupta K.C., Neural Networks for RF and Microwave Design. Artech House, Boston, 2000.
- [10]. Christodoulou C.G. ve Georgiopoulos M., Application of Neural Networks in Electromagnetics, Artech House, MA, 2001.
- [11]. Press W.H., Flannery B.P., Teukolsky S.A. ve Vetterling W.T., Numerical Recipes in Pascal. Cambridge University Press, New York, A.B.D., 1989.
- [12]. Maybell M.J. ve Simon P.S., “Pyramidal horn gain calculation with improved accuracy”, IEEE Trans. on Antennas and Propagat., 41, s. 884-889, 1993.