

SİNİRSSEL BULANIK AĞLAR İLE KONTROL FONKSİYONUNUN YAKLAŞIKLAMASI

Arzu Babaev Mutlu Demirer
Uludağ Üniversitesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
16059, Görükle/BURSA
email:babaev@uludag.edu.tr
demirer@uludag.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Bulanık Küme, Sinirsel Ağlar, Sinirsel Bulanık Kontrol

Bildiride sunulan araç park etme sinirsel bulanık kontrol sisteminin bilgisayarda benzetimi yapılmış ve olumlu neticeler alınmıştır.

Özet

Bildiride sinirsel bulanık ağlar incelenmiştir. Sinirsel ağlar belirlenmiş bulanık kural tabanına göre oluşturulur. Elde edilmiş eğitime verilerine göre sinirsel ağların bulanık ve kesin çıkış katmanlarındaki sigmoid fonksiyonlarının parametreleri eğitilir. Eğitilmiş sinirsel bulanık ağlar ile araç modeli kontrolünün bilgisayarda benzetimi yapılmıştır.

2. Sinirsel bulanık ağların tanımı ve eğitilmesi

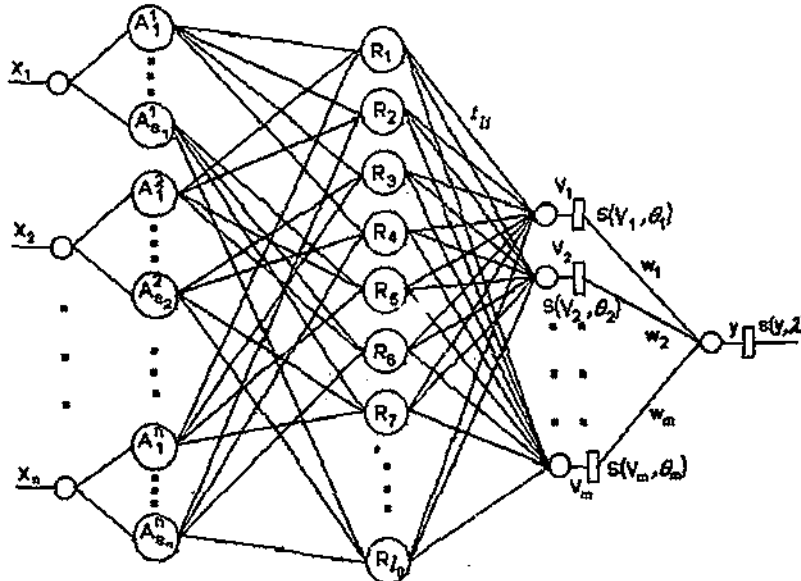
Kural tabanının aşağıdaki biçimde verildiğini düşünelim:

$$\text{if } (x_1 = A_1^l \ \& \ x_2 = A_2^l \ \& \dots \ \& \ x_n = A_n^l) \\ \text{then } y = B_l \quad (l = \overline{1, l_0})$$

1. Giriş

Bulanık veya sinirsel kontrol sistemlerinin tasarımı aşında, bulanık küme ve sinirsel ağ teorileri kullanılarak kontrol fonksiyonuna yaklaşıklama yapılmasıdır [1-5]. Yaklaşıklama, bulanık küme teorisinin tek başına [6,7] veya sinirsel ağlarla birlikte kullanılmasıyla [8-12] gerçekleştirilebilir. Sunulan bildiride bulanık kural tabanı belirlenerek sinirsel ağlar oluşturulur. Eğer uzman tarafından belirlenen kural tabanına ilave olarak eğitime verileri de elde edilmiş ise, tüm bu veriler göz önünde bulundurularak bulanık ve kesin çıkış katmanlarındaki eşik parametreleri eğitilir.

Burada A_l^j ve B_l sözsöz terimleri U_j ve $V = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ evrensel kümelerinde $\mu_{A_l^j}(x_j)$ ve $\mu_{B_l}(y)$ ($j = \overline{1, n}; l = \overline{1, m}$) üyelik fonksiyonları ile tanımlanmıştır. Bulanık kural tabanı sinirsel olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Birinci katman kesin girişler katmanı, ikinci katman üyelik fonksiyonları katmanı, üçüncü katman kurallar katmanı, dördüncü katman bulanık çıkış katmanı ve beşinci katman da düzleştirilmiş kesin çıkış katmanıdır.



Şekil 1. Bulanık kural tabanının sinirsel gösterimi

Çıkarım prensibine göre kural katmanının çıkışındaki değerler aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\mu_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = \mu_{A_1}(x_1) \mu_{A_2}(x_2) \dots \mu_{A_n}(x_n)$$

Kural katmanı ile bulanık çıkış katmanını bağlayan matris sabit olarak aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$t_{ij} = \mu_{B_j}(f_i)$$

ve bulanık çıkış aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$v_i = \sum_{j=1}^k \mu_i(x_1, x_2, \dots, x_n) t_{ij} \quad (i = \overline{1, m})$$

Dürlüştürme işlemini sinirsel olarak göstermek mümkündür. Bulanık ve kesin çıkışları bağlayan w_i ($i = \overline{1, m}$) katsayıları diğer parametrelerden bağımsız olarak önceden eğitilir ve sonra sabit kabul edilir. Dürlüştürülmüş kesin çıkış:

$$y = \sum_{i=1}^m w_i s(v_i, \theta_i)$$

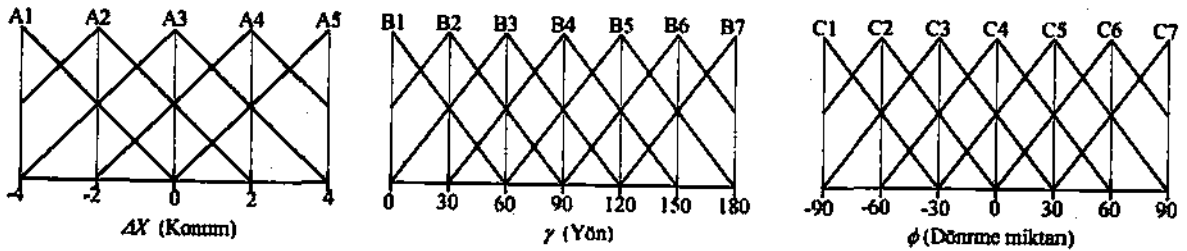
olarak hesaplanır.

Bulanık ve kesin çıkış katmanlarında eşik fonksiyonları aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır:

$$s(y, \theta_i) = \frac{1}{1 + e^{-y + \theta_i}} \quad s(y, \lambda) = \frac{1}{1 + e^{-y + \lambda}}$$

Şimdi ise kural tabanı dışında $(x_1^p, x_2^p, \dots, x_n^p, y^p)$ ($p = \overline{1, p_0}$) eğitim verilerinin elde edildiğini farz edelim. Bu durumda:

$$v_i^p = \sum_{j=1}^k \mu_{A_1}(x_1^p) \mu_{A_2}(x_2^p) \dots \mu_{A_n}(x_n^p) t_{ij}$$



Şekil 2. Üyelik fonksiyonları

Üyelik fonksiyonlarındaki sözsöz terimler:

A1: çok sol,	A2: sol,	A3: orta,	A4: sağ,	A5: çok sağ;	
B1: çok sol,	B2: sol,	B3: az sol,	B4: normal,	B5: az sağ,	B6: sağ, B7: çok sağ;
C1: çok sol,	C2: sol,	C3: az sol,	C4: sıfır,	C5: az sağ,	C6: sağ, C7: çok sağ

şeklindedir.

$$\bar{y}^p = \sum_{i=1}^m w_i s(v_i^p)$$

Hatayı aşağıdaki biçimde tanımlayalım:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^{p_0} (y^p - s(\bar{y}^p))^2$$

Amacımız θ_i ($i = \overline{1, m}$) ve λ eşik parametrelerini eğitmektir.

$$\theta_i(\text{new}) = \theta_i(\text{old}) - \alpha \frac{\partial E}{\partial \theta_i}$$

$$\lambda(\text{new}) = \lambda(\text{old}) - \alpha \frac{\partial E}{\partial \lambda}$$

ve

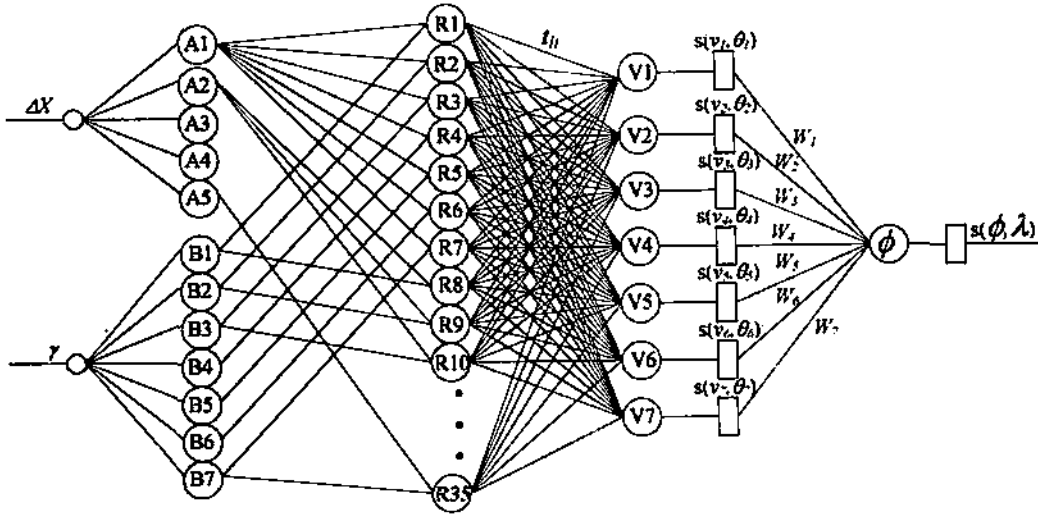
$$\frac{\partial E}{\partial \lambda} = - \sum_{p=1}^{p_0} (y^p - s(\bar{y}^p, \lambda)) \frac{\partial s(\bar{y}^p, \lambda)}{\partial \lambda}$$

$$\frac{\partial E}{\partial \theta_i} = - \sum_{p=1}^{p_0} (y^p - s(\bar{y}^p, \lambda)) \frac{\partial s(\bar{y}^p, \lambda)}{\partial \bar{y}^p} w_i \frac{\partial s(v_i^p, \theta_i)}{\partial \theta_i}$$

3. Sinirsel bulanık denetleyicinin bilgisayarda benzetimi

Sinirsel bulanık denetleyici, park etme probleminin çözümünde denenmiştir. Problem çözümünde giriş değerleri olarak aracın başlangıç konumu ve yönü, çıkış değeri olarak da dönme miktarı alınmış ve iki giriş-tek çıkışlı bir sistem oluşturulmuştur. İstenen konumdan uzaklık değeri ΔX için 5, ilerleme yönünü belirten γ açısı için 7 ve dönme miktarını belirten ϕ çıkış değeri için de 7 üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Bu üyelik fonksiyonları Şekil 2'de gösterilmiştir.

Olusturulan iki giris-tek cikisli sistemin sinirsel ag gosterimi Şekil 3'de gosterilmiştir.



Şekil 3. İki giriş-tek çıkışlı sistemin sinirsel ağ gösterimi

Bunlara ait kural tabanı oluşturularak 35 farklı değer elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Bu değerler, kural katmanı ile bulanık çıkış katmanı arasındaki t_{ij} matrisini oluşturmak için kullanılmıştır

Tablo 1. Kural tabanı

$\Delta X \backslash \gamma$	çok sol	Sol	az sol	normal	az sağ	sağ	Çok sağ
çok sol	çok sağ	çok sağ	çok sağ	sağ	az sağ	sıfır	az sol
Sol	çok sağ	çok sağ	sağ	az sağ	sıfır	az sol	sol
Orta	çok sağ	sağ	az sağ	sıfır	az sol	sol	çok sol
Sağ	sağ	az sağ	sıfır	az sol	sol	çok sol	çok sol
çok sağ	az sağ	sıfır	az sol	sol	çok sol	çok sol	çok sol

Herbir bulanık çıkış değeri (V_i) bir sigmoid fonksiyonundan geçirilip w_i değerleriyle çarpılarak kesin çıkış değeri (ϕ) elde edilmiştir. Bu değer de bir sigmoid fonksiyonundan geçirilerek çıkış değeri elde

edilmiştir. Kullanılan w_i değerleri ϕ 'ye ait üyelik fonksiyonu yardımıyla hesaplanmıştır. Bulunan w_i değerleri Tablo 2'de, kullanılan eğitime verileri de Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Hesaplanan w_i değerleri

w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7
-2.53	-0.07	-0.64	-0.02	0.69	0.04	2.52

Tablo 3. Eğitime değerleri

ΔX	-4	-4	-2	-2	0	0	2	2	4	4
γ	0	90	30	150	60	120	30	150	90	180
ϕ	90	59.4	90	-30.6	30.6	-30.6	30.6	-90	-61.2	-90

Eğitime verileri yardımıyla yeterli sayıda iterasyon yapılarak;

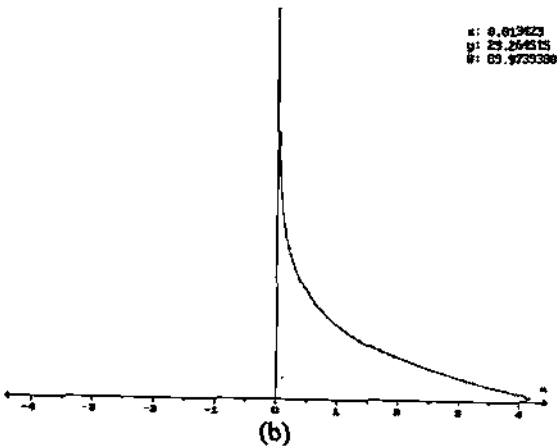
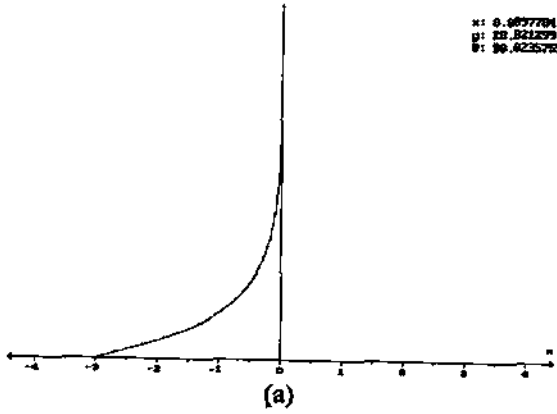
$$s(v_i, \theta_i) = \frac{1}{1 + e^{-v_i - \theta_i}} \quad s(\phi, \lambda) = \frac{1}{1 + e^{-\phi - \lambda}}$$

şeklindeki sigmoid fonksiyonlardaki θ_i ve λ değerleri eğitilmiştir. Örneğin 5000 iterasyon sonucunda elde edilen değerler;

$$\begin{aligned} \theta_1 &= 1.277671, & \theta_2 &= 0.976046, & \theta_3 &= 0.710474, \\ \theta_4 &= 0.010308, & \theta_5 &= 0.703127, & \theta_6 &= 0.964773, \\ \theta_7 &= 1.292011, & \lambda &= -0.006047 \end{aligned}$$

şeklinde ve bu değerlere karşılık oluşan hata $E=0.063945$ 'dir.

Eğitilme sonunda sistem, istenilen giriş değerleri için çıkışı hesaplayabilir duruma gelmiştir. Başlangıç konumu $\Delta X = -3$ ve başlangıç açısı $\gamma = 90^\circ$ olarak verildiğinde elde edilen program çıktısı Şekil 4a'daki gibi, $\Delta X = 4$ ve $\gamma = 180^\circ$ olarak verildiğinde elde edilen ise Şekil 4b'deki gibidir.



Şekil 4. Farklı konumlardan hareket eden araçların park etmesi ile ilgili program çıktıları

Sonuç

Bulanık kural tabanına göre sinirsel ağların oluşturulması geliştirilmiştir. Önerilen yöntem mevcut

bulanık kural tabanı dışında elde edilmiş kesin eğitime verilerinin de göz önüne alınmasını sağlar. Bunun için bulanık ve kesin çıkış katmanlarındaki eşik fonksiyonlarının parametreleri eğitilir. Bu yöntem, elde edilen kesin verilerin kural tabanından farklı olması durumunda etkili olur.

Sunulan çalışmanın devamı olarak eşik parametreleri ile birlikte bulanık kural tabanındaki sözlü terimlerin parametreleri de eğitilebilir.

Kaynaklar

1. G. J. Klir, B. Yuan. Fuzzy sets and Fuzzy Logic.- Prentice Hall, 1995.
2. B. Kosko . Neural Networks and Fuzzy Systems Prentice Hall Inc, 1992.
3. C-T. Lin, C.S. George Lee. Neural Fuzzy Systems. Prentice Hall,1996.
4. L.H. Tsoukalas, R.E. Uhrig. Fuzzy and Neural Approaches in Engineering. John Wiley & Sons, 1997.
5. L-X. Wang. Adaptive Fuzzy Systems and Control. Prentice Hall,1994.
6. Laszlo T. Koczy, A. Zorat, Fuzzy systems and approximation, Fuzzy Sets And Systems, (85)1, pp. 203-223. (1997)
7. Babaev, I. Gültüeyener, Ö. Eskiödere. Approximation of control function by using adequate fuzzy model. International Conference on Electrical and Electronics Engineering, ELECO 99, Bursa, Turkey, 1-5 December, pp 114-117, 1999.
8. D. Nauck, R. Kruse. Neuro-fuzzy systems for function approximation. Fuzzy Sets And Systems, 101, pp. 261-271, 1999.
9. Babaev, Ş. Çolak. Representation of adequate fuzzy model by using neural network. ISCIS-12 , Antalya, October, pp. 371-376, 1997.
10. Babaev, S. Arı. Simplification of Structure of a Neuro-Fuzzy Controller.-IMS-98, Sakarya, August, 1998.
11. Babaev, B. Güler. Neural Network Approach to Backward Inference in a Fuzzy Rule Based System. TAINN-98, Bilkent,Ankara, June, pp. 195-204, 1998.
12. Babaev, B. Güler. Bulanık Denetleyicilerde Çıkarım Problemine Olabilirlik Teorisi Yaklaşımı. Bilişim'98, İstanbul, 1998.