

GENEL AMAÇLI BİR BULANIK MANTIK DENETLEYİCİSİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Ö. Farkı BAY¹ İsmail ATACAK²
Gazi Üniversitesi
Teknik Eğitim Fakültesi
Elektronik Bilgisayar Eğitimi bölümü
Teknikokullar / ANKARA
e-mail¹: bay@tef.gazi.edu.tr
e-mail²: iatacak@tef.gazi.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık, Bulanık mantık denetleyicileri

ABSTRACT

In this article, a general purpose fuzzy logic controller with 10 input 1 output (called GA-BMD) is designed and implemented. GA-BMD can be used in control of all systems which have up to 10 inputs and one output. A 16 input 1 output with 12 bit resolution interface card is used for analog input/output purposes. The temperature control of a room is taken as an application example for GA-BMD. In this application the inner temperature, the outer temperature the humidity and the weather quality are chosen as input variables. And required heater power is specified as the output.

1. GİRİŞ

Bulanık küme teorisi, son yıllarda denetlenmesinde uzman bir kişinin bilgisini gerektiren süreç kontrol uygulamaları için önemli bir yere sahip olmaktadır. Bu teori ilk olarak 1965 yılında Lutfi A Zadeh tarafından matematiksel bir çalışma olarak ortaya atılmıştır. Bu fikir, klasik küme teorisinin genelleştirilmiş bir hali olarak düşünülmüştür. Son on yıl zarfında Zadeh' in bu çalışması doğrultusunda bu konuda bir çok çalışma yapılmış olup, özellikle Japon araştırmacılar bu çalışmanın pratik olarak uygulanmasında önemli gelişmeler kaydetmiştir [1,2,3].

Bulanık mantık, insanların esnek ve değişken yapısını dikkate alan bir kontrol algoritmasıdır. Bilgiler arasında sebep-sonuç ilişkisi kurarak doğru ve mantıksal bir sonuç üretir. Bu işlemin yapılabilmesi için ilk olarak, sisteme ait değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu değişkenlerin alacağı değerler belirli sınırlar içerisinde gruplandırılarak bulanık kümeler haline getirilir. Bulanık mantıkta bu gruplama işlemi, üyelik fonksiyonları vasıtası ile gerçekleştirilir. Üyelik fonksiyonları, keskin değerlerin ne oranda, hangi kümeyle ait olduğunu tespit eden bir nitelidir. Daha sonra denetlenecek sistemle ilgili tüm olası durumlar dikkate alınarak kural tabanı oluşturulur. Bu kurallar, bir kontrol

algoritması ile değerlendirilerek sisteme gönderilecek bilgi tespit edilir [4,5].

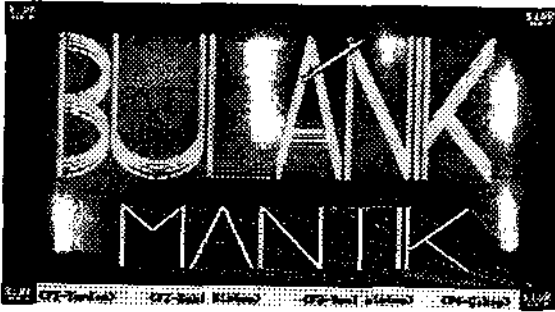
Bu makalede, on girişli, bir çıkışlı, genel amaçlı bir bulanık mantık denetleyicisi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu denetleyici, GA-BMD (Genel Amaçlı Bulanık Mantık Denetleyici) olarak isimlendirilmiştir. GA-BMD, giriş sayısı 1 ile 10 arasında değişen, çıkışı ise tek olan tüm sistemlerin denetlenmesinde kullanılabilir niteliktedir. GA-BMD ile deneysel amaçlı yapılacak çalışmalarda bulanık mantık denetleyicilerinin klasik mantık denetleyicilerine göre üstünlükleri de gözlenebilecektir. Bu şekilde özellikle laboratuvar uygulamaları için esnek bir sistem kazanılmış olmaktadır.

2. GA-BMD'NİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Bu çalışmada on girişli tek çıkışlı genel amaçlı bulanık mantık denetleyicisinin tasarımı yapılmıştır. Ayrıca bir uygulama örneği olarak verilen sistemin kontrolünde dikkate alınan işlem basamakları anlatılmıştır. GA-BMD, giriş sayısı 1 ile 10 arasında değişen tüm sistemlerin denetlenmesinde kullanılabilir niteliktedir.

GA-BMD, yazılım ve donanım olarak iki kısımdan oluşmaktadır. GA-BMD ile herhangi bir sistemin

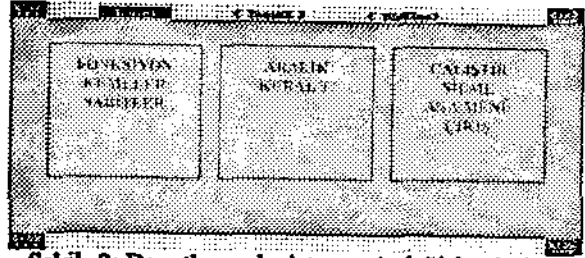
denetlenebilmesi için , o sisteme ait bilgilerin tanımlanması gerekmektedir. Denetlenecek sisteme ait bilgilerin tanımlanabilmesi ve bu sistemin denetlenebilmesi için iki ayrı menü hazırlanmıştır. Şekil -1'de gösterildiği gibi, ilk menüde Yardım, Yeni Sistem, Eski Sistem ve Çıkış olmak üzere 4 ayrı seçenek bulunmaktadır. Yardım seçeneğinde denetleyicinin kullanılmasına ait bilgiler yer almaktadır. Yeni Sistem seçeneği seçildiği zaman denetlenecek sisteme ait değişkenlerin tanımlanmasına imkan sağlayan Tanım Menüsi' ne geçilir. Eski Sistem seçeneği seçildiğinde daha önceden tanımlanmış olan 10 farklı sistemden birisi seçilerek, seçilen sisteme ait bilgilerin dikkate alınması sağlanır.



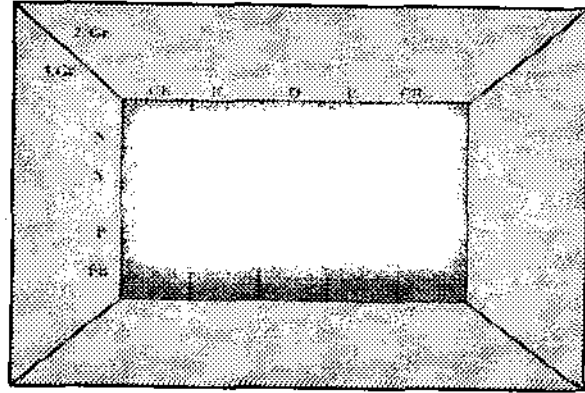
Şekil-1: Denetleyiciye ait temel seçenekleri içerisinde bulunduran ana menü

İkinci menü, Şekil-2'de gösterildiği gibi, Tanım-1, Tanım-2 ve Yürütme olmak üzere üç ayrı seçenektir. Bu menüde, Tanım-1 seçeneğinde ilgili sisteme ait üyelik fonksiyonları, bulanık kümleri ve üyelik fonksiyonlarına ait sabitler tanımlanmaktadır. Tanım-2 seçeneğinde giriş ve çıkış değişkeni için tanımlanmış üyelik kümlerine ait alt sınır, üst sınır ve kural tabanı değerleri tanımlanmaktadır. Denetlenecek sisteme ait değişkenlerin üyelik fonksiyonları, en fazla üç ayrı aralıkta ifade edilebilirler. Üyelik fonksiyonları, iki veya daha az aralık için tanımlanacaksa, diğer aralık değerleri girilmemelidir. Üyelik fonksiyonu tanımlanırken; değişken olarak x, sabitler olarak da a,b,c gibi harfler seçilmelidir. Bulanık kümlerin sayısı, 1 ile 7 arasında seçilebilecek şekilde düzenlenmiştir. Denetlenecek bir sistemin hassasiyetini arttırmak için, bulanık küme sayısı mümkün olduğu kadar fazla tutulmalıdır. Üyelik fonksiyonunda a,b,c gibi harflerle isimlendirilen sabit değerler, Sabitler seçeneği seçilerek tanımlanmaktadır. Böylece her bir bulanık küme için ayrı ayrı üyelik fonksiyonu

oluşturulabilmektedir. Aralık seçeneğinde üyelik kümlerine ait alt ve üst sınır değerleri tanımlanmaktadır. Kural tabanı seçeneğinde ise, denetlenecek sistemi sonuca ulaştıran denetim kuralları tanımlanmaktadır. Şekil- 3' te, tanımlanan bulanık kümlerin sayılarına göre denetim kurallarını girmemize olanak sağlayan tablo gösterilmiştir. PC' nin algılayıcıdan aldığı sinyallerle irtibatı, ara birim devresi ile sağlanmaktadır.



Şekil- 2: Denetlenecek sisteme ait değişkenlerin tanımlandığı tanım menüsü

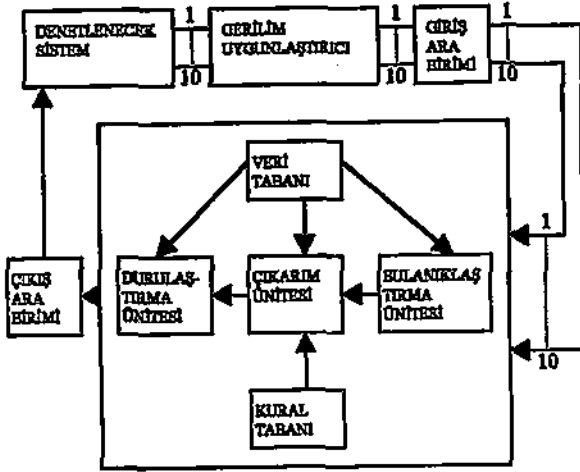


Şekil- 3: Denetlenecek sisteme ait kural tabanı tablosu

2.1. GA-BMD' DE KONTROL BASAMAKLARININ OLUŞTURULMASI

GA-BMD' nin denetlenecek sistemle olan bağlantısı Şekil-4' teki blok şemada verilmektedir. Denetlenecek sistem çıkışından elde edilen veriler PC' ye uygulanmadan önce uygulatıcı ara devreler kullanılarak, (-9 volt) -(+9 volt) arasındaki bir değere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu değerler, ara birim kartı üzerinden PC' ye gönderilmektedir. Bulanık mantık denetleyicisine gelen sayısal değerler, bulanıklaştırma ünitesinde bulanık değerler haline getirilmektedir. Çıkarım ünitesi, bu değerlerle kural tabanındaki değerleri karşılaştırarak bulanık bir çıkarım yapmakta ve çıkarım işleminin sonucunu durulaştırma ünitesine

aktarmaktadır. Bu ünite, bulanık değerler üzerinde bir ölçü değişikliği yapılarak sayısal değerler elde edilmektedir.

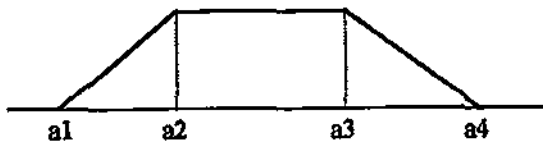


Şekil-4: Bulanık mantık denetleyicisinin sistem bağlantısı

Ortamdan sensörler aracılığı ile alınan iç ortam sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, nem ve hava kalitesi bilgileri gerilim uygunlaştırıcı devrede yükseltildikten sonra arabirim devresi üzerinden denetleyici sistemin ilk dört girişine uygulanmıştır.

2.1.1 Bulanıklaştırma İşlemleri

Bulanıklaştırma ünitesi, denetlenecek sistemden gelen sayısal değerler üzerinde ölçü değişikliği yaparak bulanık değerler üretmektedir. Bulanıklaştırma işlemi, üyelik fonksiyonları vasıtası ile gerçekleştirilmektedir. Bulanık mantık denetleyicilerinde, üyelik fonksiyonlarının seçilmesi ve gruplandırılması oldukça önemlidir. Seçilecek üyelik fonksiyonunun denetlenecek sisteme uygun olması gerekmektedir. Aksi takdirde, sistemin denetlenmesi sırasında istenilen verim elde edilememektedir [6,7,8]. Denetlenecek sisteme ait giriş değişkenlerinin üyelik fonksiyonları, Şekil-5'te gösterildiği gibi parçalı fonksiyonlar şeklinde ifade edilmektedir.



Şekil-5: Denetlenecek sistemde kullanılan parçalı fonksiyon

Gerçekleştirilen denetleyicide, üyelik fonksiyonları 3 ayrı aralıkta tanımlanmaktadır. Tanımlanacak fonksiyon, iki veya daha az aralıkta temsil ediliyor ise diğer aralıkların boş bırakılması gerekmektedir. Bu aralıklar, a1-a2, a2-a3, a3-a4 şeklinde verilmektedir. İki aralıkta tanımlanacak bir fonksiyon dikkate alınmırsa, fonksiyon a1-a2, a3-a4 aralığında tanımlanarak diğer aralık boş bırakılarak geçilmelidir. Sistem, her giriş değişkeni için farklı bir üyelik fonksiyonu tanımlanacak şekilde düzenlenmiştir. Bu, tasarımcıya denetlenecek sistem için en uygun üyelik fonksiyonunu seçme imkanı sağlamaktadır. Denetleyici sistem, on giriş ve tek çıkış sistemlerde kullanılabilir. Boş kalan girişler için üyelik fonksiyonu tanımlanmamaktadır.

Bulanık kümeler, Kümeler adlı seçenek kullanılarak tanımlanmaktadır. İlk olarak, her bir giriş için tanımlanacak bulanık küme sayısı girilmektedir. Sonra, her bir giriş için tespit edilen kümeler tanımlanmaktadır. Kümeler için tespit edilen alt ve üst sınır değerleri, Sabitler adlı seçenek seçilerek girilebilmektedir.

2.1.2 Kural Tabanının Oluşturulması

Bu ünite, giriş değerlerinin ikili olarak karşılaştırılması sonucunda elde edilen kontrol kuralları yer almaktadır. Bu kurallar, girişte elde edilen verilere göre sistemin nasıl davranması gerektiğini belirlemektedir. Tablo-1'de gösterildiği gibi kurallar ikili matrisler halinde düzenlenmiştir.

Tablo-1: Denetlenecek sistemde kural tabanının ikili matrisler halinde sıralanması

KUR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Bu denetleyicide tanımlanabilecek maksimum kural sayısı aşağıdaki formül ile bulunmaktadır:

$$N=K*M \quad (1)$$

Burada N maksimum kural sayısını, K ikili olarak tanımlanmış matrisler arasındaki kural sayısını, M her bir giriş için oluşturulacak ikili matrislerin toplamını göstermektedir. Formül düzenlenirse;

$$N = K * \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{10} \mu_{ij} \quad (2)$$

Eşitliği elde edilmektedir. 10 giriş değişkeni ve her giriş değişkeni için 7 bulanık küme seçildiğinde, tanımlanabilecek maksimum kural sayısı;

$$N = (7 * 7) * \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{10} \mu_{ij} \quad (3)$$

$$N = 49 * (9+8+7+6+5+4+3+2+1) = 2205$$

Tablo- 2' de üç giriş ve her giriş için 2 bulanık küme tanımlanmış bir sisteme ait örnek kural tabanını gösterilmektedir.

Tablo-2: Üç girişli bir sistem için oluşturulan kural tabanı

1	2 GR		1	3 GR		2	3 GR
	B	O		B	B		B
	O	K		O	K		O
							K

2.1.3 Bulanık Çıkarım İşlemleri

Denetleyici sistemde, çıkarım işlemleri, aşağıda verilen işlem basamakları dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir.

1. Denetlenecek sistemden gelen bilgiler, ara birim devresi ile 12 bit çözünürlükte okutulmaktadır.
2. Okutulan bilgilerin hangi kümenin elemanı olduğu tespit edilmektedir. Sonra, ilgili kümenin üyelik fonksiyonu seçilerek, giriş değerleri bulanıklaştırılmaktadır.
3. Bulanıklaştırıcıdan gelen bulanık değerlere göre aktif olan kurallar işaretlenmekte ve her bir ikili karşılaştırma için tanımlanmış çıkış kazançları tespit edilmektedir.
4. Üyelik ağırlıklarının hesaplanması için max-min metodu kullanılmıştır. Bu metotta, önce üyelik ağırlıkları arasında minimum alma işlemi

gerçekleştirilmektedir. Daha sonra aynı çıkış değerlerine sahip olan aktif kurallar içerisindeki üyelik ağırlığı en büyük olan kural seçilerek sonuca ulaşılmaktadır.

2.1.4. Durulaştırma İşlemleri

Bu bölümde, çıkarım ünitesinden elde edilen bulanık değerler üzerinde ölçek değişikliği yapılarak, kontrol edilecek sistem için gerekli olan sayısal değerler elde edilmektedir. Denetleyici sistemde, bu işlem için ağırlık merkezi yöntemi kullanılmaktadır.

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n W_i * \mu(w_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(w_i)} \quad (4)$$

Burada n kural sayısını, W_i kontrol çıkışı μ(w_i) üyelik ağırlıklarını göstermektedir. Elde edilen sayısal değer ara birim devresi ile denetlenecek sisteme uygulanmaktadır.

3. ÖRNEK UYGULAMA

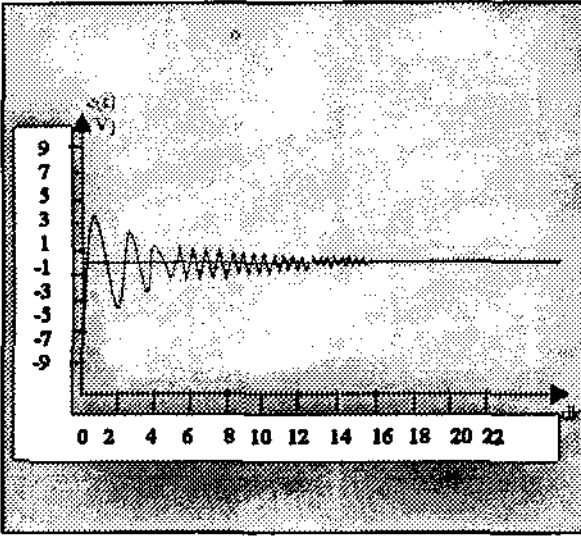
Örnek bir uygulama olarak, bir odanın sıcaklık denetlemesi seçilmiş olup 3000 W'lık bir ısıtıcı kullanılmıştır. Denetleyicinin giriş değişkenleri olarak iç ortam sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, nem ve hava kalitesi ; çıkış değişkeni olarak da ısıtıcı gücü seçilmiştir. Gönderilen sinyal, triyakin geytine uygulanarak ortamın ısı 19 derecede sabit tutulmuştur. Sistemin giriş ve çıkış değişkenlerine ait 7 ayrı bulanık küme tanımlanmıştır. Çıkışa ait bulanık küme, singleton bir fonksiyon şeklindedir. Denetleyici sistemin çıkarım işlemlerinde max-min metodu, durulaştırma işlemlerinde ise ağırlık merkezi metodu kullanılmıştır.

Bir uygulama örneği olarak seçilen bu sistemde, aşağıdaki amaçların gerçekleştirilmesi düşünülmüştür:

- A. Oda soğuk ise, ısıtıcı tam güçte çalıştırılarak oda sıcaklığının normal haline (19 dereceye) getirilmesi gerekmektedir.
- B. Oda çok sıcak ise, ısıtıcı düşük güçte çalıştırılarak oda sıcaklığının normal haline getirilmesi gerekmektedir.

C. Odadaki nem oranı yüksek ise, ilk önce ısıtıcının tam güçte çalıştırılarak nem oranının düşürülmesi, sonra da sıcaklık düşürülerek oda sıcaklığının normale getirilmesi gerekmektedir.
D. Hava kirliliği yüksek ise, havalandırma sağlanır. Bu sırada ısı kaybı, denetleyici sistem vasıtasıyla telafi edilmektedir.

Denetim faaliyeti neticesinde sıcaklık hatasının zamana göre değişimi Şekil-6'da verildiği gibi elde edilmiştir. Sıcaklıkta meydana gelen hata sinyalinde 2 °C 1V'a karşılık gelecek şekilde düzenlenmiştir.



Şekil-6: Sıcaklık hatasının zamana göre değişimi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Genel amaçlı bir bulanık mantık denetleyicisinin geliştirildiği bu çalışmada, bulanık mantık denetleyicilerinin hassas bir denetim yaptığı gözlemlenmiştir. Tasarlanan denetleyicide, bir uygulama örneği olarak bir odanın sıcaklık kontrolü yapılarak oda sıcaklığı 19 °C' de sabit tutulmuştur.

GA-BMD; çok girişli, tek çıkışlı sistemlerin denetlenmesi için uygun olmaktadır. GA-BMD' nin tasarımında PC kullanılması GA-BMD' nin esnek bir yapı teşkil etmesine sebep olmuştur. Bundan dolayı, GA-BMD deneysel amaçlı bir bulanık mantık denetleyicisi olarak kullanılabilir. Özelliğine sahiptir. Denetlenecek sistem bilgileri,

GA-BMD' ye bilgilerin klavyeden girilmesi ile tanımlanmıştır. Bu, tasarımcıya değişik tipte bulunan birçok sistemi, özelliklerini tanıtarak rahat bir şekilde denetleme olanağı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Bay Ömer Faruk, Fuzzy control of a field orientation controlled induction motor, Politeknik dergisi, cilt 2, sayı 2, s 1-9, 1999
2. Nakamori Y, Suzuki K and Yamanaka T, Model predictive control using fuzzy dynamic models, Fuzzy logic state of the art, theory and decision library, series d, volume 12, 1993
3. El-Hawary Mohamed, Electric power applications of fuzzy systems, IEEE press power systems engineering series, The institute of electrical and electronics engineers, Inc., New York, 1998
4. Kaynak M., Süreç denetiminde bulanık mantık, otomasyon dergisi, temmuz-ağustos 1992
5. Kitchert W.J.M, Fuzzy theories and decision making, Martinus nijhoff social sciences deviation, London, 1978
6. Klir G.J and Folger T.A, Fuzzy sets uncertainty and information, University of New York, 1988
7. Pedrycz W., Fuzzy control of fuzzy systems, Reserch studies press LTD Taunton, England, 1989
8. Zadeh L.A., Fuzzy set and applications, Wiley, Interscience Publication, New York, 1987