

# KLİMA SİSTEM KONTROLÜNÜN BULANIK MANTIK İLE MODELLEMESİ

**Ahmet ÖZEK\*, Mahmut SİNECEN\*\***

\*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elk.-Elt. Müh. Bölümü, Kınıklı/ Denizli

\*\*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elk.-Elt. Müh. Bölümü, Kaynaklar Kamp./İzmir

Geliş Tarihi : 28.08.2003

## ÖZET

Kontrol sistemlerinde karşılaşılan en büyük problemlerden biri denetim mekanizmasına ait matematiksel modelin oluşturulmasının zor olmasıdır. Bu model oluşturulsa bile geleneksel mantık ile uygulamayı gerçekleştirmek çok karmaşık problemlere yol açacaktır. Bulanık Mantık ise kontrol sistemine ait matematiksel modele ihtiyaç duymadan sadece dilsel değişkenler yardımıyla denetim mekanizmasını oluşturabilmektedir. Bu makalede de matematiksel modellemesi zor ve karmaşık olan klima cihazının bulanık mantık ile modellenmesi ve simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Klima, Bulanık mantık

## MODELLING OF AIR CONDITIONING SYSTEM BY FUZZY LOGIC APPROACH

### ABSTRACT

One of the main problems in control systems is the difficulty to form the mathematical model associated with the control mechanism. Even though this model can be formed, to realize the application with conventional logic may cause very complex problems. The fuzzy logic without using mathematical model of control system can create control mechanism only with the help of linguistic variables. In this article the modeling has been realized by fuzzy logic.

**Key Words :** Air conditioning, Fuzzy logic

### 1. GİRİŞ

Endüstriyel bir sürecin denetimi için tasarım yapılırken her şeyden önce o sürecin bir dinamik modeline gereksinim vardır. Ancak pratikte bu her zaman mümkün olmayabilir. Süreç içerisindeki olaylar matematiksel modellemeye el verecek ölçüde açıkça bilinmeyebilir veya bir model kurulabilse bile bu modelin parametreleri zamanla büyük değişiklikler gösterebilir. Bazı durumlarda ise doğru model kurulsun bile bunun denetleyici tasarımında kullanılması karmaşık problemlere yol açabilir. Bu gibi sorunlarla karşılaşıldığı zaman genellikle uzman bir kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanılma

yoluna gidilir. Uzman kişi dilsel niteleyiciler olarak tanımlanabilecek; uygun, çok uygun değil, yüksek, fazla, çok fazla gibi günlük yaşantımızda sıkça kullandığımız kelimeler doğrultusunda esnek bir denetim mekanizması geliştirir. Bulanık denetim bu tür mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur (Zadeh, 1965; 1971).

Bu teori ilk olarak 1965 yılında Lotfi tarafından matematiksel bir çalışma olarak ortaya çıkarılmıştır. Başlangıçta birçok bilim adamı tarafından kabul görmemişse de Japon araştırmacıların yeni teknolojiler üzerine olan yaklaşımı sayesinde bu teori çok hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir.

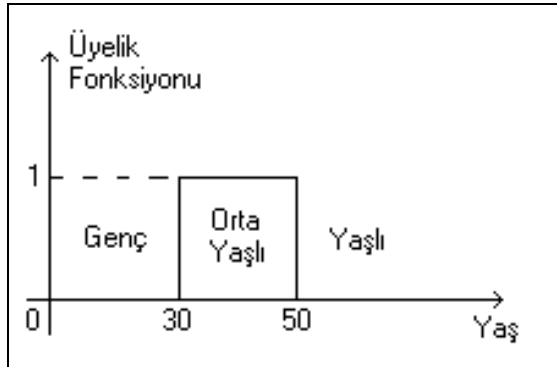
Bulanık modeller, “EĞER-O HALDE” kuralları içeren ve modeldeki değişkenler arasında nitel ilişkiler kuran bir mantık modeli olarak görülebilir (Sugeno, 1985; Kaynak ve Armağan, 1992).

Bulanık Mantık tanımlanırken “yüksek mekanik IQ’lu insana yakın bir teknik” olarak ifade edilir (Tilli, 1995).

Bu çalışmada, bulanık mantık denetleme sistemlerinin temel ilkelerine iyi bir örnek sistem olması açısından klima sistem modellemesi incelenecektir. Zaman domeni incelemesinde küçük sıcaklık değişimlerinin sürekli olarak sistem çıkışı etkilediği sistemlerde bulanık mantık kontrol sistemlerinin kullanılması büyük önem arz etmektedir. Çalışmamızda ilk olarak bulanık sistemlerin matematiksel yapılarından bahsedilecek ve örnek uygulama matematiksel modellenerek sistem çıkışı elde edilecektir.

## 2. BULANIK KÜME TEORİSİ

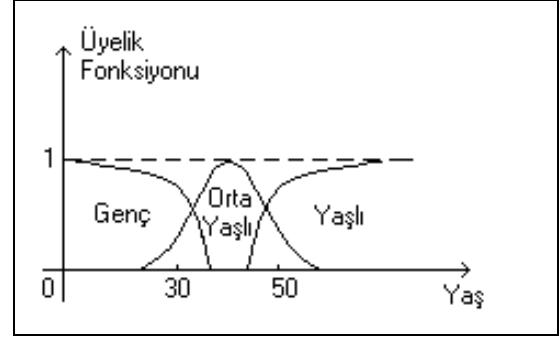
Klasik (geleneksel) mantıkla, herhangi bir nesne o kümeye ya aittir yada değildir. Bu kısaca 0 ve 1 mantığıdır. Şekil 1’de görüldüğü üzere 0-30 yaş arasındaki kişiler genç, 30-50 yaş arasındaki kişiler orta yaşlı ve 50 yaşın üstündeki kişiler ise yaşlı sınıfına girmektedir.



Şekil 1. Klasik küme teorisi

Bu kurallara göre 31 yaşındaki bir kişi orta yaşlı sayılırken 29 yaşındaki bir kişi ise genç sayılmaktadır.

Bu durumu bulanık mantık açısından incelersek Şekil 2’de görüleceği gibi 30 yaşındaki bir kişi belli bir oranda orta yaşlı sayılırken belli bir oranda ise genç sayılmaktadır. Bulanık Mantık’ta klasik mantıktaki gibi 0 ve 1 mantığı yoktur, günlük yaşantıda kullandığımız daha esnek bir yaklaşım vardır (Tuncer, 1999).



Şekil 2. Bulanık küme teorisi

Klasik küme teorisindeki kesişim, birleşim ve tümleme gibi işlemler bulanık küme teorisinde de mevcuttur.

A ve B kümeleri, X evrensel kümesi içerisinde tanımlanmış iki keskin küme olduğu kabul edilirse;

**Tanım 2. 1:** İki ayrı bulanık kümenin birbirine eşit olabilmesi için aşağıdaki şart sağlanmalıdır.

$$\forall x \in X: \mu_A(x) = \mu_B(x)$$

**Tanım 2. 2:** A kümesinin B kümesinin alt kümesi olabilmesi için aşağıdaki şart sağlanmalıdır.

$$\forall x \in X: \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$$

A ve B kümeleri, X evrensel kümesi içerisinde tanımlanmış iki keskin küme olduğunda:

$\forall x \in X$  için  $A \cap B$ ’nin  $\mu_{A \cap B}(x)$  üyelik fonksiyonu:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \text{ olarak yazılır.}$$

$\forall x \in X$  için  $A \cup B$ ’nin  $\mu_{A \cup B}(x)$  üyelik fonksiyonu:

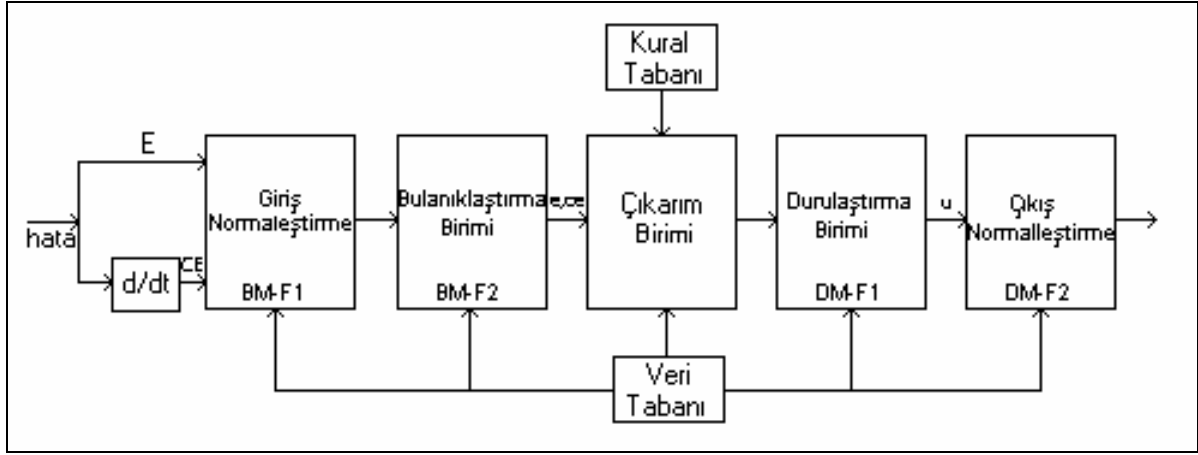
$$\mu_{A \cup B}(x) = \max \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \text{ olarak yazılır.}$$

$\forall x \in X$  için  $\mu_{A^c}(x)$  üyelik fonksiyonu:

$$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x) \text{ olarak yazılır (Kosko, 1992; Yen and Langari, 1998).}$$

## 3. BULANIK MANTIK DENETLEYİCİSİNİN (BMD) YAPISI

Şekil 3’de bir Bulanık Mantık Denetleyici (BMD)’nin temel elemanları olan; Bulanıklaştırma Birimi, Bulanık Mantık Muhakeme Birimi (Çıkarım Birimi), Veri Tabanı, Durulaştırma Birimi, Giriş Normalizasyonu ve Çıkış Denormalizasyonu gösterilmektedir.



Şekil 3. Bulanık mantık denetleyicisinin yapısı (Tuncer, 1999)

### 3. 1. Giriş Normalizasyonu

Bir normalize edilmiş sözel evrende (bulanık kümelerin tümünü içeren tanım aralığı) denetleyici giriş değişkenlerinin fiziksel yapısını gösteren ölçeklendirme dönüşümü BM-F1 (giriş normalizasyonu) bloğu tarafından yapılır.

### 3. 2. Bulanıklaştırma Birimi

Denetleyici durum değişkenlerini bir bulanık kümeye dönüştürme işlemi bulanıklaştırma olarak isimlendirilir.

### 3. 3. Veri Tabanı

Veri tabanının temel görevi bulanıklaştırma modülü, kural tabanı ve durulaştırma modülünün uygun işlevi yerine getirmesi için gerekli bilgiyi sağlamaktır. Bu bilgi şunları kapsar:

- Denetleyici çıkışı ve denetleyici giriş değişkenlerinin sözel değerlerini tanımlayan bulanık kümeler (üyelik fonksiyonları)
- Fiziksel domenleri ve normalize edilmiş karşılıkları ile birlikte normalizasyon/denormalizasyon (ölçeklendirme) faktörleri

### 3. 4. Kural Tabanı

Kural tabanının temel yapısı sistem operatörünün veya denetim mühendisinin deneyimine bağlıdır. eğer <denetleyici giriş değişkeni...> o halde <denetleyici çıkışı...>

Kural tabanının yapılışındaki dizayn parametreleri şunlardır:

- Denetleyici giriş ve denetleyici çıkış değişkenlerinin seçimi (sıcaklık, nemlendirici, ısıtıcı)
- Denetleyici giriş ve denetleyici çıkışı değişkenleri için ifade kümelerinin seçimi (küçük, büyük, kısa, uzun, soğuk, sıcak,...)
- Kural kümesinin türetilmesidir.

### 3. 5. Çıkarım Birimi

Alınan giriş bilgileri için hangi kuralın uygulanacağı ve hangi bulanık denetim hareketinin çıkarılacağını belirlemek bu blok tarafından gerçekleştirilir. Bulanık çıkarım için bir prosedürün bulunmaması ile birlikte en çok kullanılan metot "max-min" bulanık çıkarım metodudur

X ve Y evrensel kümelerinde A ve B bulanık kümeleri için bulanık ilişki R, kartezyen çarpım bulanık küme olarak aşağıdaki gibi gösterilir.

$$R=A(x)\times(y)=\mu R(x,y)=\min(\mu A(x),\mu B(y))$$

Burada;

$\times$  : Kartezyen çarpım,  
 $x, y$  : Bulanık değişkenlerdir ( $x \rightarrow A, y \rightarrow B$ ),  
 $A, B$  : X, Y evrenlerindeki bulanık kümelerdir.

Eğer bulanık R(x, y) ilişkisi biliniyorsa o zaman B(y) bulanık kümesi, bulanık A(x) kümesinden sonucun birleşim kuralı uygulanması ile bulunabilir.

Buna göre;

$$\mu B(y)=\max[\min[\mu A(x),\mu R(x,y)]] \text{ şeklinde olacaktır.}$$

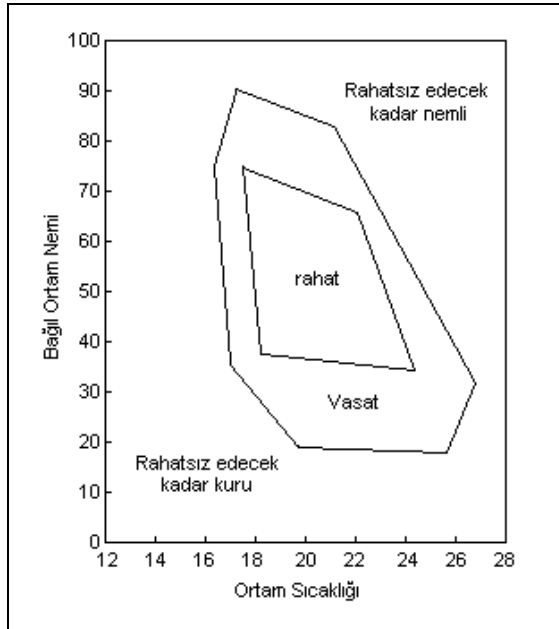
### 3. 6. Durulaştırma Modülü

Çıkarım biriminden alınan denetim değerlerinin kesin çıkış ve sayısal değerlere dönüştürme işlemi durulaştırma olarak isimlendirilir.

## 4. BULANIK MANTIK İLE KLİMA KONTROLÜ

Bir klima tesisatı çok büyük kontrol için tipik bir uygulamadır. Çünkü burada sıcaklık ve nem kontrolü parametreleri birbirini karşılıklı olarak etkiler. Bu demektir ki: Oda sıcaklığı değiştiğinde nem de istenen değerine erişmiş olsa bile otomatik olarak değişir. Yani sıcaklık ve nem regülatörlerinin ilişkilendirilmesi gerekir, bu ise klasik kontrol tekniğinde ekonomik yönden başarılı bir sonuç almak için çoğu zaman karmaşık DDC (Direct Digital Control) kullanılmasını zorunlu kılar (Feddern and Gebhardt, 1995).

Bir klima tesisatında oda sıcaklığı ve nemin tam olarak kontrol edilmesi hedefinin yanı sıra giren hava sıcaklığının en az 18 °C olması ve giren havanın neminin % 80'i aşmaması garantiye alınmalıdır. Bu ise çoğu zaman oda havası ile giren hava komuta edilerek gerçekleştirilebilir.

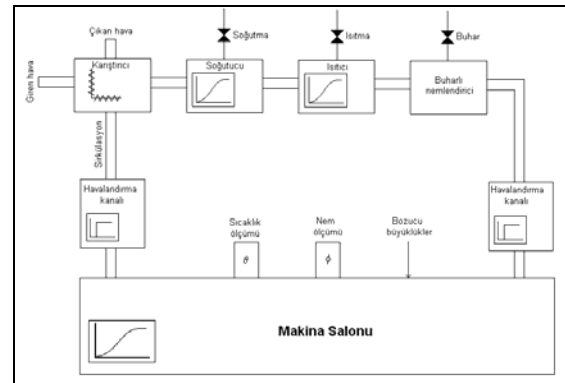


Şekil 4. İyi bir oda havası için rahatlık alanı (Feddern and Gebhardt, 1995)

Kontrol yollarının matematiksel modelinin oluşturulması, nicelendirilmesi zor olan birçok etkene bağlı olduğundan çok karmaşıktır.

Klima sistemi için Bulanık Mantık uygun bir yaklaşımdır. Burada ayar büyüklüklerinin kısmen çelişkili bağıntısı, dilsel tanımlamada direkt konseptine dönüştürülebilir. Çünkü "klimatik sensör" olarak insan, belirli bir sıcaklık ve neme sabitlenmiş değildir, tersine geniş bir bölgeyi "rahat" olarak kabul eder. Bu rahatlık bölgesi insanın, sıcaklığın düşük ama nemin biraz daha yüksek olduğu bir odada kendisini rahat hissedeceği sonucu çıkarılabilir (Feddern and Gebhardt, 1995).

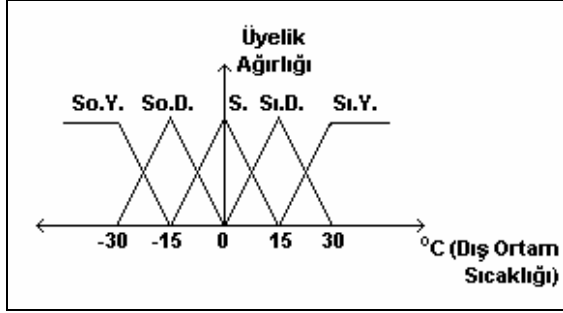
Şekil 5'deki klima tesisatında karıştırıcı, dış havayı oda havasının bir kısmıyla karıştırır. Ayarlanabilir havalandırma kelekleri ise doğru karıştırma oranını sağlar. Soğutucunun klimada iki görevi vardır. Birincisi düşük hava sıcaklığı istendiğinde giren havayı soğutur, ikincisi ise sudaki nemin çekilmesini sağlar. Çünkü hava sadece belirli miktarda buhar saklayabilir ve bu da suyun sıcaklığı düştükçe azalır. Isıtıcı hava sıcaklığını istenilen değere kadar ısıtır. Isıtmadan sonra hava çoğu zaman fazla kuru olur. Bu nedenle havaya buhar katan buharlı nemlendirici kullanılır (Feddern and Gebhardt, 1995).



Şekil 5. Klima tesisatının yapısı

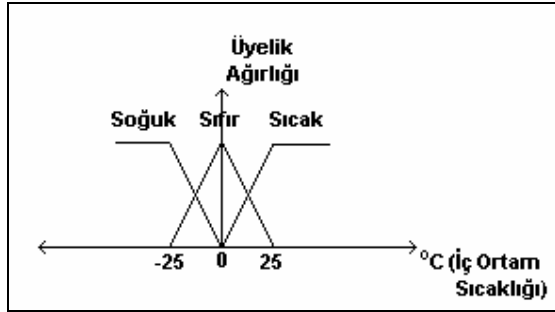
## 5. KLİMA BULANIKLAŞTIRMA SİSTEMİ

Bulanıklaştırma, giriş değişkenleri ile çıkış değişkenlerinin dilsel ifadelerle dönüştürülme işlemidir. Bu nedenle ilk yapılacak olan giriş ve çıkış değişkenlerinin belirlenmesi, klima sistemi için giriş değişkenleri olarak; dış ortam sıcaklığı (Şekil 6), iç ortam sıcaklığı (Şekil 7) ve nem etkisi (Şekil 8) seçilmiştir ve çıkış değişkenleri olarak; ısıtıcı ve nemlendirici seçilmiştir. Daha sonra bulunan giriş ve çıkış değişkenlerine dilsel ifadeler verilerek suretiyle üyelik derecelerinin tespiti yapılır.

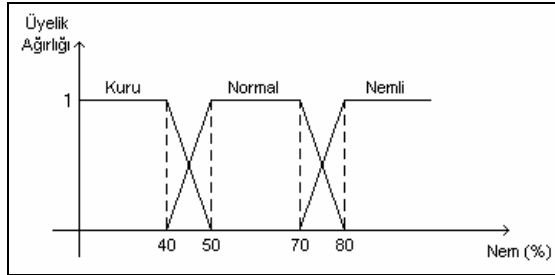


Şekil 6. Dış ortam sıcaklık üyelik fonksiyonlarının gösterimi

Çıkış değişkenlerinin üyelik dereceleri de kuralların ağırlıklarına göre ayarlanır. Bulunan kontrol çıkış değişkenlerine ulaşmak için ağırlık merkezi metodu kullanılmıştır (Sinecen, 2002).



Şekil 7. İç ortam sıcaklığının üyelik fonksiyonlarının gösterimi



Şekil 8. Nem etkisine ait üyelik fonksiyonlarının gösterimi

Gerçekleştirilen klima modeline ait kural tablosu Tablo 5'de gösterilmiştir. Oluşturulan bu sistem Matlab programının Fuzzy Toolbox'ı kullanılarak modellenmiştir.

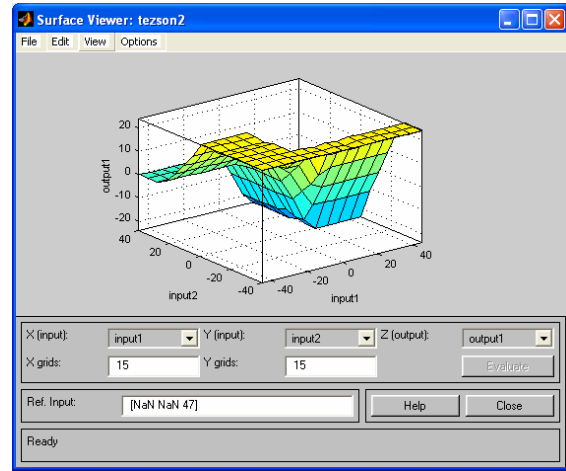
Tablo 5. Klimaya Ait Kural Tablosu

İç Ortam Sıcaklığı	Dış Ortam Sıcaklığı					
	Isıtıcı	SoY	SoD	S	SıD	SıY
Soğuk	Sıc	Sıc	Sıc	Sıc	Sıc	Sıc
Sıfır	Sıc	Sıc	Sıf	Soğ	Soğ	Soğ
Sıcak	Sıf	Sıf	Sıf	Sıf	Soğ	Soğ

SoY: Soğuk Yüksek SoD: Soğuk Düşük; S: Sıfır; SıD: Sıcaklık Düşük; SıY: Sıcaklık Yüksek

## 6. SONUÇ

Bu çalışmada matematiksel modelinin ve buna bağlı olarak otomatik kontrolünün oluşturulması zor olan klimanın bulanık mantık ile kontrolü ele alınmıştır. Sıcaklık ve nemin değişiminin daha yumuşak olduğu gözlenmiş buna bağlı olarak ısının ve nemin değişimini sağlayan mekanizmalar istenilen değeri daha hızlı elde etmemizi sağlamıştır. Bu da ısıtıcı, soğutucu ve nemlendiricinin devrede sürekli kalma zamanlarını azaltmakta, daha az enerji ve arzu edilen sıcaklığa ve neme daha çabuk ulaşmayı temin etmektedir. Şekil 9'da üç boyutlu olarak girişlerin ve çıkışın bir arada nasıl değiştiği gösterilmektedir.



Şekil 9. Girişlerin ve çıkışın 3 boyutlu gösterimi

## 7. KAYNAKLAR

Feddern, J. and Gebhardt, J. 1995. Fuzzy Logikle Klima Kontrolü, ELO Elektronik Dergisi, Sayı 91, s 43-51.

Fuller, R. A. 1995. Note of Neural Fuzzy Systems, S. 85-95.

Kaynak, O. ve Armağan, G. 1992. Bulanık Denetim ve Endüstriyel Uygulamaları, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi, İstanbul, S. 35-55.

Kosko, B. 1992. Neural Networks and Fuzzy Systems, Printice-Hall Company, S. 185-220, USA.

Sinecen, M. 2002. Klima Sistem Kontrolünün Bulanık Mantık İle Modellemesi, PAÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Sugeno, M. 1985. An Introductory Survey of Fuzzy Control, Information Sciences, S. 36, 59-83.

Tilli, A. W. T. 1995. Bulanık Mantık, ELO Elektronik Dergisi, Sayı 81-82, S. 95-100, Ankara.

Tuncer, S. 1999. "Değişken Hızlı Sürücü Sistemleri İçin Fuzzy Denetleyicili Yeni Bir Algoritmanın Geliştirilmesi ve Uygulaması, F. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Yen, J. and Langari, R. 1998. Fuzzy Logic Intelligence Control and Information, Prentice Hall, S. 93-102.

Zadeh, A. L. 1965. Fuzzy Sets, Information & Control, Vol. 8, S. 185-195.

Zadeh, A. L. 1971. On Fuzzy Algorithms, Electron. Res. Lab., Univ. California, Berkeley, Memo. M-325.