HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ
TEMMUZ 2003 CİLT 1 SAYI 2 (63-72)

BULANIK MANTIK ve UÇUŞ KONTROL PROBLEMİNE UYGULANMASI

Arş. Grv. Emre KIYAK
Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Y.O., Eskişehir
ekiyak@anadolu.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Ayşe KAHVECİOĞLU
Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Y.O., Eskişehir
akahveci@anadolu.edu.tr

ÖZET

Günlük yaşantımızda, kesin olduğunu düşündüğümüz ancak gerçekte kesin olmayan durumlarla karşılaşırız. Bu durumların sistematik bir biçimde öngörülebilmesi ancak bazı kabullerin yapılmasından sonra mümkün olmaktadır. Birçok sosyal, ekonomik ve teknik olayda da belirsizlik ve dolayısıyla karmaşıklık bulunmaktadır. Bu belirsizliklerin analiz edilmesi Zadeh tarafından geliştirilen bulanık mantık teorisi kapsamında mümkündür. Bu çalışmada, önce bulanık mantık teorisinin esasları anlatılacak ve daha sonra teorinin bir uçuş problemine uygulaması verilecektir.

Anahtar Kelimeler:*Bulanık mantık, uçuş kontrol*

ABSTRACT

In our daily lives we frequently come across with circumstances that we think of certain but in fact are not. Prediction of these circumstances in a systematic manner is possible only after making some assumptions. In a variety of social, economic and technical events uncertainty and therefore complexity is always present. It is possible to analyze those uncertainties within the context of the fuzzy logic theory developed by Zadeh. In this study we first summarize the fundamentals of the fuzzy logic theory and then give an application of the theory to a flight problem.

Key words: *Fuzzy Logic, flight control*

1. GİRİŞ

Bulanık mantık, insan davranışlarına benzer bir şekilde mantıksal uygulamalarla, bilgisayarlara yardım eden bir bilgisayar mantık devrimidir. Bulanık mantığın endüstride kullanımı verimliliği arttırır, daha uygun üretim sağlar, zamanın çok önemli olduğu günümüzde zamandan tasarruf ve ekonomik açıdan fayda getirir.

Bir çok uygulama alanından biri olan kontrol mühendisliğinde, bulanık mantık kullanılarak tasarlanan denetleyiciler, genellikle matematik modelleri zor türetilen ya da bilinen yöntemlerle denetlendiğinde verimli sonuç alınamayan sistemlerde kullanılır.

Bulanık mantık kavramını basit bir şekilde anlamak için, 'biraz sıcak', 'hemen hemen doğru', 'çok hızlı' vs. cümlelerine bakılacak olursa, bu cümlelerin matematiksel açıdan bir durum ifade etmemelerine karşın, bir problemi çözme açısından günlük hayatta kullanılan ve sıkça karşılaşılan örnekler olduğu görülür. Bulanık mantık bir insanın anlayabileceği ve çözüme ulaştırabileceği şekilde sistemlerin ya da cihazların çalışmasına izin verir. Kelime anlamı olarak, belirsiz bir durum içeriyor gibi gözükse de, matematiksel uygulamalarda oldukça kullanışlı olmaktadır [1].

Bulanık mantığın en önemli özeliklerinden biri nesnel olmayıp, kişisel olmasıdır. Ortaya çıkan bu çoklu mantık içinden sadece birinin seçilmesiyle, 'Aristo Mantığı' adı verilen ve olayın doğruluğu ya da yanlışlığıyla ilgilenen mantığın uygulamalarda tekrar kullanılmasına ihtiyaç vardır. İşte bu şartlanmanın sonucunda gerçek hayatta çoklu mantık dışlanmış ve ikili mantığa göre sınıflandırmaya gidilmiş, bu durum nedeniyle de bir takım uygulamalarda yetersiz kalınmıştır. Çünkü 'Aristo Mantığı' nda yapılan bir iş ya doğrudur ya da yanlıştır. Bunların bir karışımı yani kısmen doğru, kısmen de yanlış olamaz. Bulanık mantık bu durumu gideren ve çözüm arayışında, özellikle de modellemede, bireyin daha aktif kullanılmasına izin veren bir metottur.

Aristo Mantığı'nın en fazla kullanıldığı sahalar içinde mühendislik konuları gelir. Matematik, klasik fizik ve kimya ilkeleri de Aristo mantığına göre gelişmiştir. Ancak doğadaki olayların incelenmesinde, durum tamamen bulanık dünya ve mantığa göre olması gerekirken, yapılan kabul, varsayım, idealleştirme ve lineerleştirme ile olay, insan aklının şartlı olarak ikili mantığa göre algılayabileceği seviyeye getirilir.
1930'larda ünlü Amerikan filozofu Max Black tarafından belirsizliği açıklayıcı öncü kavramlar geliştirilmiş olsa da, 1965'de Zadeh tarafından yayınlanan makale modern anlamda belirsizlik kavramının değerlendirilmesinde önemli bir nokta olarak kabul edilir. Zadeh, bu makalede, kesin olmayan sınırlara sahip nesnelerin oluşturduğu bulanık küme teorisini ortaya koymuştur. Zadeh'in bu makalesinin önemi sadece ihtimaller teorisine karşı duruşu ile ilgili değil, ayrıca ihtimaller teorisinin temelini oluşturan Aristo mantığına karşı da bir meydan okumadır.

Zadeh'in "bulanık küme" kavramı, klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçek dünyadaki pek çok sistemde, özellikle de işin içine insanları alan, kısmen karmaşık sistemlerde yetersiz kalmasından ortaya çıkmıştır.

Zadeh, 'uzun, kırmızı, durağan' gibi yüklemlerin ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edilen klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonuyla ifade edilen bulanık kümelerle tanımlamasını önermiştir.

Bulanık mantığın temelde sağladığı avantajlar aşağıda sıralanmıştır [2,3]:

1. İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır.
2. Uygulamasında mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duymaz.
3. Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir.
4. Bulanık Mantık kavramını anlamak kolaydır.
5. Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esnektir.
6. Kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanılması söz konusudur.
7. Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir.
8. Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir.
9. Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir.
10. İnsanların iletişimde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantıkta kullanımı ile daha olumlu sonuçlar çıkmaktadır.

İsminin insanlarda çağrıştırdığının aksine bulanık mantık, belirsiz ifadelerle yapılan, belirsiz işlemler değildir. Gelişmiş bir olasılık hesaplama yöntemi de değildir. Aslında modelleme aşamasında değişkenler ve kuralların esnek bir şekilde belirlenmesidir. Bu esneklik asla rasgelelik yada belirsizlik içermez. Nasıl bir lastik içinde bulunduğu duruma göre şeklini değiştirirken bütünlüğünü ve yapısını koruyabilirse, bir bulanık model de değişen koşullara değişen cevaplar verirken özündeki yapıyı muhafaza eder.

1980'den sonra bulanık sistemin; elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler, metro ve şirket işletimi gibi konularda kullanılmasında patlama olmuştur. Son yıllarda bir çok mühendislik dallarında, veri tabanlarının sözelleştirilmesinde, tele-sekreterlerin cevaplamasında ve bir çok konuda bulanık mantık bütün dünyada kullanılır hale gelmiştir [2].

Uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde de kullanılmakta ve TAI (Turkish Aerospace Industries)'de araştırma geliştirme kısmında bulanık mantık konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca bulanık mantık, bir helikopter modelinin kontrolü, sözlü talimatla radyo kontrolü, yetersiz motor durumlarında otomatik rota girişi ve deniz kurtarmaları için insansız helikopterlerin kontrolünde de kullanılmaktadır. [4,5].

Yine FAA'nın yaptığı bir çalışmada uçuş tecrübesi çok, az tecrübeli ve öğrenci durumundaki pilotlar ve pilot olmayanlar dört grupta incelenmiş ve her gruptaki 6 kişi üzerinde yapılan çalışmalarda sistemin çalışmasıyla ilgili kişiye minimum tanımlama yapılmış ve herhangi bir eğitim verilmemiştir. Bu uygulamada bulanık mantık performans kriteri aşamasında kullanılmış ve sonuçta değişken hatalarını düşürdüğü, öğrenme süresini azalttığı, kullanım için daha az efor gerektiği ve tüm gruplardaki elemanlar tarafından tercih edildiği görülmüştür [6].

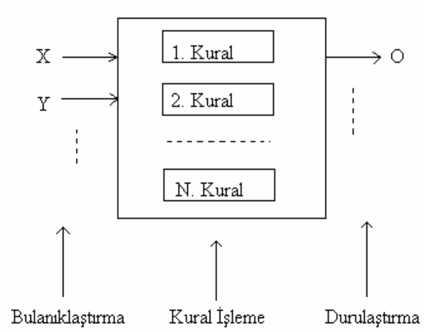
Bulanık mantık, ayrıca küçük bir ticari uçağın uçuş kontrol sisteminde kullanılmıştır. Bulanık mantık denetleyicisinin kullanımıyla, uçakta kullanılan iki adet sensörün herhangi bir arıza durumunda, hangisinin arızalı olduğunu belirlemek mümkün olmuş ve daha az donanım kullanılması sağlanmıştır. Sistemin güvenliğinin arttırılmasının yanında, maliyette düşürülmüştür [7].

Uçaklarda güç sistemine bakım planlaması yapılması uygulamasında ise, bulanık mantık uçaktaki ekipmanların güvenlik ve güvenilirliğini arttırmak, arıza meydana gelmeden önce muhtemel arızanın belirlenmesini tespit etmede kullanılmıştır. Havacılıkta özellikle şirketlerin kar yapabileceği bakım faaliyetlerinde bu uygulama oldukça önemlidir [8].

Bu çalışmada, yapılan araştırmalar sonucu daha çok helikopter uçuş kontrol sistemlerinde uygulaması görülen bulanık kontrolün, bir uçağın son yaklaşma ve iniş aşamasındaki uygun kontrol kuvvetinin bulunması incelenmiştir.

2. BULANIK SİSTEMLER

Bulanık bir süreç (fuzzy işlemi), genelde, üç ayrı birimden oluşmaktadır. Bu birimler; sırası ile bulanıklaştırıcı birim, kural işleme birimi, durulaştırıcı birim ve çıktı bilgileridir. Şekil 1'de genel bir bulanık sistem yapısı gösterilmektedir [9].



Şekil 1 Bulanık sistem yapısının genel gösterimi

Bu akış düzeninde, bulanıklaştırıcı birim, bulanık işlem sisteminin ilk birimi olarak devreye girmektedir. Kesin veya geri besleme sonuçları biçiminde bu birime giren bilgiler, burada bir ölçek değişikliğine uğrayarak bulanıklaştırılmaktadır. Başka bir deyişle; bu bilgilerin her birine bir üyelik değeri atanıp, dilsel bir yapıya dönüştürülerek, buradan kural işleme birimine gönderilir. Kural işleme birimine gelen bilgiler, kural işleme biriminde depolanmış bir şekilde bulunan bilgi tabanına dayalı "if … and … then … else" (eğer ... ise, ... olsun) gibi kural işleme bilgileri ile birleştirilir. Burada sözü edilen mantıksal önermeler, problemin yapısına göre sayısal değerlerle de kurulabilmektedir. Son adımda; problemin yapısına uygun mantıksal karar önermeleri kullanılarak elde edilen sonuçlar durulaştırıcı birime gönderilir. Durulaştırıcı birime gönderilen bulanık küme ilişkilerinde, bir ölçek değişikliği daha gerçekleştirilerek bulanık haldeki bilgilerin her biri gerçel sayılara dönüştürülür [10,11,12].

2.1 Bulanıklaştırma

Matematikte, benzer özellikler gösteren elemanların bir arada gruplandırılmasıyla 'küme' adı verilen kavram oluşturulur. Klasik matematikte bir konunun bir bölümünün o kümeye ait olması gibi bir kavram düşünülmez ve kabul edilmez. Bu sınırlama, problemlerin her zaman uygun bir çözüme kavuşturulabilmesine engel teşkil etmektedir.

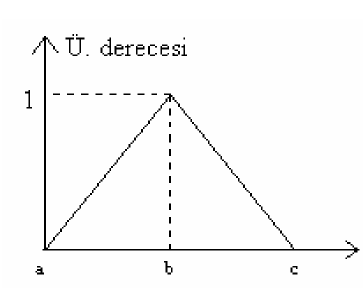
Pratikte genel olarak, klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için, bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin, 1'e eşit üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. Bu durumda, bazı öğelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir. Bu belirsizliklerin, sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir [2].

Bulanıklaştırma sürecinde ele alınan üyelik fonksiyonları, problemin yapısına ve amacına uygun olmalıdır. Genel anlamda üyelik fonksiyonları sezgisel, matematik, geometrik ya da istatistiksel yaklaşımlara dayandırılabilmektedir [10].

Bulanık kümelerin gerek üyelik derecelerinin gerekse bunların tümünü temsil edebilecek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde, ilk başlayanlar tarafından bile kişisel sezgi, mantık ve tecrübelerin kullanılmasına sıkça rastlanır. Zaten pratikte bir çok sorunun üstesinden gelebilmek için bu yaklaşımlar çoğu zaman yeterlidir. Öyle olmasa bile, ilk yaklaşım olarak bu esaslara göre davranmaları faydalıdır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler; a) Sezgi, b) Çıkarım, c) Mertebeleme, d) Açılı bulanık kümeler, e) Yapay sinir ağları, f) Genetik algoritmalar, g) Çıkarımcı muhakeme gibi yaklaşımlardır [5].

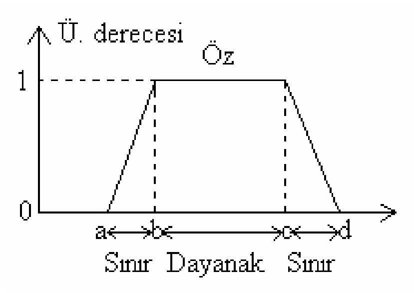
Bulanık kümelerin kullanışlılığı, farklı kavramlara uygun üyelik derecesi fonksiyonlarını oluşturabilme becerisine dayanmaktadır. En sık kullanılan fonksiyonlar kolaylık açısından "üçgen" ve "yamuktur" [13,14].

"A" bulanık kümesine ait elemanların, üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu ve çan eğrisi (Gauss) üyelik fonksiyonu ile gösterimi sırasıyla Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmektedir. Ayrıca her şeklin altında belirtilen üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi gösterilmektedir [15,16].



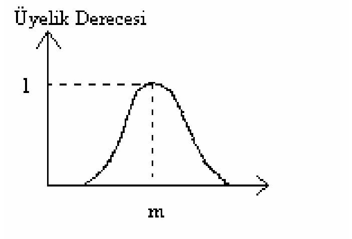
Şekil 2 Üçgen üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \mu_A(x;a,b,c) = \begin{cases} (x-a)/(x-b) & eğer \quad a \le x < b \\ (c-x)/(c-b) & eğer \quad b \le x \le c \\ 0 & eğer \quad x > c \quad veya \quad x < a \end{cases} \qquad (1)$$



Şekil 3 Yamuk üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \mu_A(x;a,b,c,d) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & eğer \quad a \le x < b \\ 1 & eğer \quad b \le x < c \\ (d-x)/(d-c) & eğer \quad c < x \le d \\ 0 & eğer \quad x > d \quad veya \quad x < a \end{cases} \tag{2}$$



Şekil 4 Çan eğrisi üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x) = e^{-a(x-m)^2} \qquad a > 0,\ m \in R \tag{3}$$

Üçgen, yamuk ve çan eğrisi şeklinde çizilen fonksiyonlara bakıldığında, bir bulanık ifadenin üç özelliği anlaşılabilir. Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Bir kümede bulunan öğelerden en az bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip olması gerekmektedir. Bu duruma bulanık kümenin normal olması denir.
- Üyelik derecesi 1 olan öğeye yakın, sağdaki ve soldaki öğelerinde üyelik dereceleri 1'e yakın olmalıdır. Bu durumda bulanık kümenin monoton olduğu anlaşılır.
- Üyelik derecesi 1'e eşit öğeden sağa ve sola eşit mesafede gidildiğinde, buradaki öğelerinde üyelik derecelerinin birbirine eşit olması gerekir. Bu duruma da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir [2].

Bulanık küme kuramı, 'belirsizlik'in bir tür biçimlenişi, formüllendirilmesidir. Bir çeşit çok-değerli küme kuramıdır. Fakat işlemleri, diğer küme kuramlarınınkilerden farklılıklar gösterir.

'Bulanık küme' kavramı, hassasiyetin arttırılması yada esneklik açısından klasik kümelerinkine göre daha uygun olan bir yöntem olarak görülebilir. Aslında getirdiği yaklaşım, klasik küme kuramlarında kullanılan üyelik kavramını bir kenara bırakıp yerine tamamen yenisini koymak değil, iki-değerli üyeliği çok-değerliliğe taşıyarak genellemesini yapmaktır [14].

İki değerli mantıkla, iki mutlak sonuç "0" ve "1" olarak gösterilirken, sonsuz değerli mantıkta ise sonuçlar [0.0, 1.0] aralığında tanımlanır. Bu değerlere "üyelik derecesi" denir. "0" mutlak "yanlışlığı", "1" ise mutlak "doğruluğu" gösterir. Bu üyelik derecesi, belirsizliği gidermeye çalışıp, tanımlamaya çalışan bir fonksiyonla ölçülebilir. Bu fonksiyon, bir bulanık kümedeki elamanları [0,1] aralığındaki reel bir değere dönüştürür. Aşağıdaki örnek, bir "A" kümesine ait elemanları reel sayıya dönüştüren fonksiyon gösterimidir:

$$\mu_A(x) \in [0,1] \tag{4}$$

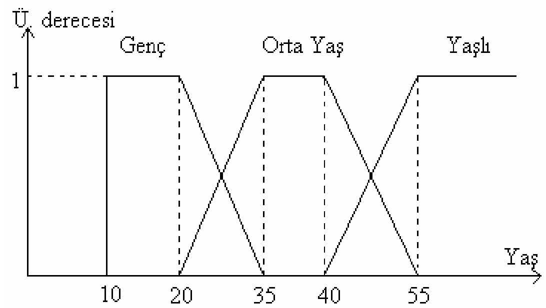
Burada çalışılan X uzayı, kesin ve sınırlı olduğu zaman, A kümesi sembolik olarak aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \ldots\ldots \right\} = \left\{ \sum_i \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\} \quad i = (1,..) \tag{5}$$

Bu gösterimde cebirsel semboller, cebirsel anlamlarıyla kullanılmazlar. Örneğin "+" toplam anlamında değil, teorik olarak birleşme anlamındadır. X uzayı sürekli ve sınırsız ise, "A" kümesi şu şekilde gösterilir:

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x)}{x} \right\} \tag{6}$$

Fonksiyonların sık kullanılan üçgen ya da yamuk şeklinde, yada diğer uygun formlarda olmasının yanında alt kümelerin birbiri ile örtüşecek şekilde olması gerekmektedir. Şekil 5'de genç, orta yaşlı ve yaşlı insan kavramını temsil eden, [10,90] aralığında örtüşmeli geçişler halinde tanımlı üç bulanık küme gösterilmektedir. Öncelikle bu yaş gruplarının, isteğe bağlı bir şekilde aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 5 "Genç", "orta yaşlı" ve "yaşlı" kavramlarını temsil eden üyelik fonksiyonları

Bu üç yaş grubunun matematiksel fonksiyonları aşağıda verilmektedir.

$$\mu_{Genç}(x) = \begin{cases} 1 & x \le 20 \\ (30-x)/15 & 20 < x < 35 \\ 0 & x \ge 35 \end{cases}$$

$$\mu_{OrtaYaş}(x) = \begin{cases} 0 & x \le 20, x \ge 55 \\ (x-20)/15 & 20 < x < 35 \\ (55-x)/15 & 40 < x < 55 \\ 1 & 35 \le x \le 40 \end{cases}$$

$$\mu_{Yaşlı}(x) = \begin{cases} 1 & x \ge 55 \\ (x-55)/15 & 40 < x < 55 \\ 0 & x \le 40 \end{cases} \tag{7}$$

Bu örnekteki yaşın alt kümeleri ile ilgili fonksiyonlardan, bir yaşın o kümeye ne kadar ait olduğu yani üyelik derecesi tespit edilir [18].

2.2 Kural İşleme Birimi

Bulanık mantıkta kurallar, 'eğer ... ise, ... olsun' şeklinde koşullu durumlarla formule edilirler [19].

Tüm girdi değişkenleri, sözel değişken değerlere çevrilerek, bulanık sonuç çıkarma adımı, güncel durum için kurallara dayandırılarak uygulanır ve çıkışta sözel değişkenlerin değerleri hesaplanır [20].

Öte yandan, bir bulanık kural, 'eğer ... ise, ... olsun' şeklinde (örneğin X değeri A ise, Y değeri B olsun) sözel girdi ve çıktı terimlerine sahip olmalıdır. 'eğer ...' bölümüne durum; '... olsun' bölümüne ise sonuç yada karar kısmı adı verilir [21].

Bu durumda bulanık sonuç çıkarma hesaplarının, iki bileşeni olduğu anlaşılır:

- Kümeleme: Kuralların 'eğer ...'bölümlerinin hesaplanması
- Düzen: Kuralların '... olsun' bölümlerinin hesaplanması

'X değeri A ise, Y değeri B olsun' örneğinde, A ve B sözel kelimelerdir ve bulanık kümelerde X ve Y değerlerinin, hangi duruma ait olduğunu gösterirler. Günlük hayatta kullanılan bazı bulanık ifadelere dayanan kurallar, örnek olması açısından aşağıda verilmektedir.

'Eğer basınç yüksekse, hacim küçük olsun.'
'Eğer bir domates kırmızı ise, o domates olgun bir domatestir.'

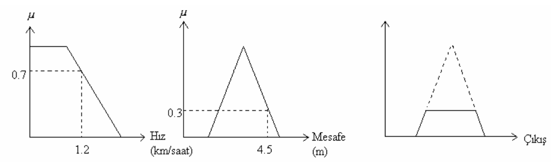
1973 yılında, Zadeh, bulanık değişkenler yada sözel ifadeler ile ilgili kavramlar ortaya koymuştur. Bu kavramlardan önemli olanlardan bir tanesi bulanık nesne kavramıdır. Nesne olarak tanımlanmış sensör girdilerine örnek olarak 'sıcaklık', 'yer değiştirme', 'hız', 'akış', 'basınç' vb. gösterilebilir. Fark değeri olan 'hata' sinyalini de aynı kategoriye sokmak mümkündür. Bulanık mantıkta ifadelerin sıfat olarak kullanımına örnek olarak ise, 'büyük pozitif' hata, 'küçük pozitif' hata, 'sıfır' hata vb. örnekler gösterilebilir. Her bir parametre için 'büyük', 'küçük' ve 'sıfır' gibi değişkenler, ifadeler hakkında bilgi verilir. Bunlara ilaveten, 'çok büyük', 'çok küçük' vb. ifadeler de çok doğrusal olmayan ya da istisnai durumlar için kullanımda daha esneklik kazandırılabilir.

Bulanık mantıkta karşılaşılan, bulanık muhasebe yada diğer bir deyişle bulanık kural, bilinen gerçeklerin oluşturduğu bir küme için sonuçların türetildiği bir işlem katıdır [3].

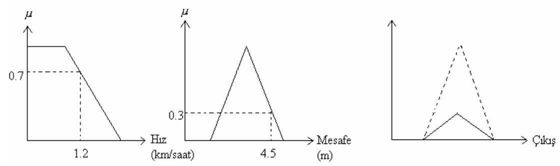
Birden fazla bulanık girdinin işin içine girmesi durumunda, bu fonksiyonlardan iki farklı yöntem ile çıkış fonksiyon grafiği elde edilebilir. Metotların adları şunlardır:

- Kesme Metodu (Truncation Method)
- Ölçekleme Metodu (Scaling Method)

Örnek olarak iki giriş (hız – mesafe) parametrelerine karşılık gelen, çıkış durumları Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 6 Kesme metodu ile kuralın uygulanması



Şekil 7 Ölçekleme metodu ile kuralın uygulanması

2.3 Durulaştırma

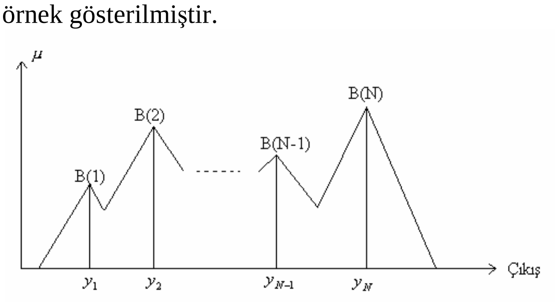
Pratik uygulamalarda, özellikle mühendislik plan, proje ve tasarımlarında boyutlandırmalar için kesin sayısal değerlere gerek duyulmaktadır. Yapay zeka çalışmalarındaki bulanık değişken, küme, mantık ve sistemlerin bulanık olabilecek çıkarımlarının kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma işlemleri adı verilir. Durulaştırma işleminde kullanılan yöntemlerden ikisi yükseklik ve ağırlık merkezi yöntemidir.

2.3.1 Yükseklik Yöntemi

Durulaştırmada kullanılan yöntemlerden bir tanesi yükseklik yöntemidir. Kullanılması için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerine gerek vardır. Yükseklik metoduna göre durulaştırma işlemi yapıldığında, kesin sonuç aşağıdaki ifadeden elde edilir.

$$y_0 = \frac{\sum \mu(y_i)\, y_i}{\sum \mu(y_i)} \qquad (8)$$

Denklem (8)'de görülen y_i değerleri, bulanıklaştırmada oluşmuş her bir fonksiyonun üyelik derecesi en büyük olan elemanlarıdır. $\mu(y_i)$ değerleri ise, bu elemanlara karşılık gelen üyelik derecelerini belirtir. Yükseklik yönteminin mantığının anlaşılması amacıyla Şekil 8'de bir örnek gösterilmiştir.



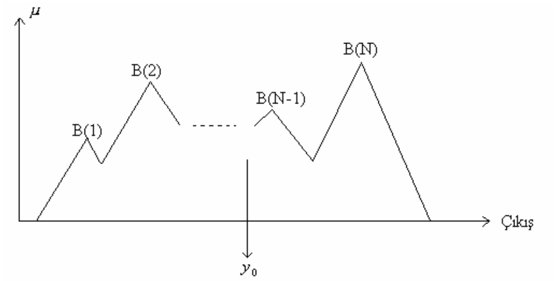
Şekil 8 Yükseklik metodunun gösterimi

Burada B(1), B(2) ... B(N) her bir kurala karşılık gelen çıkışları göstermektedir.

2.3.2 Ağırlık Merkezi Yöntemi

Durulaştırma işlemlerinde, yaygın olarak kullanılan işlemlerden biri de ağırlık merkezi yöntemidir. Adından anlaşılacağı gibi bu yöntemle, çıkış fonksiyonunun altında kalan alanın ağırlık merkezi eşitlik (9)'daki ifadeden faydalanılarak bulunur.

$$y_0 = \frac{\int \mu(y)\, y}{\int \mu(y)} \qquad (9)$$

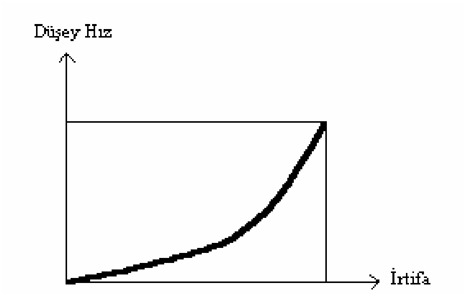


Şekil 9 Ağırlık merkezi yönteminin gösterimi

Durulaştırma işleminde bu iki yöntemin dışında, üyelik derecesi en büyük olan elemanların aritmetik ortalamasına dayanan, en büyüklerin ortası yöntemi ve simetrik üyelik fonksiyonlarının bulunması halinde kullanılan ağırlıklı ortalama yöntemleri de mevcuttur [22].

3. BULANIK MANTIĞIN UÇAĞIN İNİŞ KONTROL PROBLEMİNE UYGULANMASI

Bu uygulamada uçağın son yaklaşma ve iniş aşaması için uygun kontrol kuvveti, bulanık mantık yardımıyla bulunmaktadır. Arzu edilen irtifa ve düşey hız çiftine karşılık gelen kontrol kuvvetinin bulunması problemi ele alınmaktadır. Uçağın belli bir hızda piste teker koyması, uçak ve içinde bulunan yolcu, mürettebat, ekipman vb. açısından oldukça önemlidir. Uçağın arzu edilen düşey hızının, irtifasıyla olan ilişkisini gösteren grafik Şekil 10'da gösterilmiştir [23].



Şekil 10 İrtifaya karşılık gelen düşey hız

Şekil 10'daki grafikten, irtifa arttıkça arzu edilen hızın da artacağı, irtifanın azalmasıyla da teorik olarak hızın gitgide azalıp sıfır olması anlaşılmaktadır. Bu sayede uçağın inişte zarar görmesi de engellenmiş olur.

Bu uygulama için, iki girdi değişkeni olarak irtifa (h) ve düşey hız (v), çıkış olarak da kontrol kuvveti (f) alınmıştır. Momentum denklemine göre, momentum; kütle ve hızın çarpımı olduğuna göre, eğer hiçbir dış kuvvet etki etmezse, uçak o an sahip olduğu hızı korur. Bu durum için uçaktaki yakıt azalması vb. durumlardan kaynaklanan kütle değişiklikleri ihmal edilmiştir. Kontrol kuvvetinin zamanla doğru orantılı olduğu düşünülürse, bu durumda hızdaki değişiklik şu şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta v = f \Delta t / m \qquad (10)$$

Bu formülde Δt=1 s. ve m=1 kg alındığında,

$$\Delta v = f \qquad (11)$$

haline gelir ve uygulanan kontrol kuvvetinin hızdaki değişiklikle doğru orantılı olduğu görülür.

Eski durumun üzerine momentten kaynaklanan etkinin vektörel olarak eklenmesiyle oluşan yeni durumu gösteren denklemler aşağıda verilmektedir.

$$v_{i+1} = v_i + f_i \qquad (12)$$
$$h_{i+1} = h_i + (v_{i+1} - f_i) \qquad (13)$$

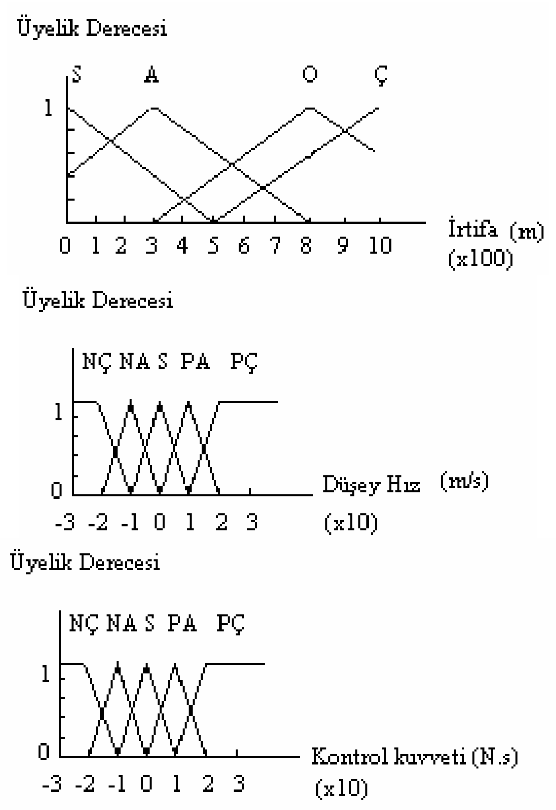
Eşitlik (12) ve (13)'de v_{i+1} yeni hıza, v_i eski hıza; h_{i+1} yeni irtifaya, h_i eski irtifaya karşılık gelir. Bu iki kontrol eşitliğinde tanımlanmış h ve v değişkenleri giriş olarak düşünülür.

Eşitlik (11) için yapılan kabuller gözönünde bulundurularak, eşitlik (12)'de birim analizi yapıldığında,

$$\frac{m}{s} = N \tag{14}$$

kuvvet birimi olan N'nın hız birimi olan m/s'e ve dolayısıyla irtifa birimi olan m'nin, N.s eşit olduğu görülmektedir. Bu da Eşitlik (13)'deki denklemdeki birimlerle uyum halinde olur.

Bulanık mantıktaki h, v ve f'nin sahip olduğu üyelik fonksiyonları Şekil 11'de gösterilmektedir.



Şekil 11 "İrtifa", "Düşey Hız" ve "Kuvvet" üyelik fonksiyonlarının gösterimi

İrtifa bulanık kümesinde S, A, O ve Ç; sıfıra yakın, az, orta ve çok kümelerine karşılık gelir. Düşey hız bulanık kümesinde NÇ, NA, S, PA ve PÇ; negatif çok, negatif az, sıfıra yakın, pozitif az ve pozitif çok'a karşılık gelir. Kontrol kuvveti bulanık kümesi ise hız bulanık kümesi ile aynı kümelere ayrılmıştır.

Hız ve irtifa girişlerine karşılık uygulanacak f kontrol kuvvetinin doğruluk tablosu (kurallar) Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1 Kontrol kuvvetinin doğruluk tablosu

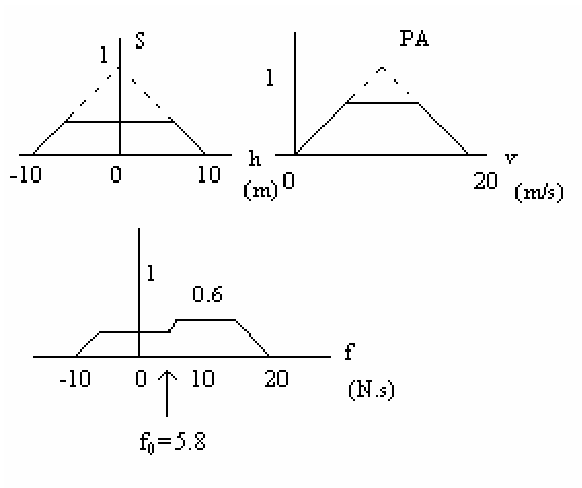
Hız

İrtifa	NÇ	NA	S	PA	PÇ
Ç	S	NA	NÇ	NÇ	NÇ
O	PA	S	NA	NÇ	NÇ
A	PÇ	PA	S	NA	NÇ
S	PÇ	PÇ	S	NA	NA

Başlangıç koşulları olarak, h_0=500 m. ve $v_{0=}$-10 m/s alınırsa, f_o şu şekilde hesaplanır:

<u>İrtifa</u>		<u>Düşey Hız</u>		<u>Çıkış (f)</u>
A(0.6)	Λ	NA(1)	→	PA(0.6)
O(0.4)	Λ	NA(1)	→	S(0.4)

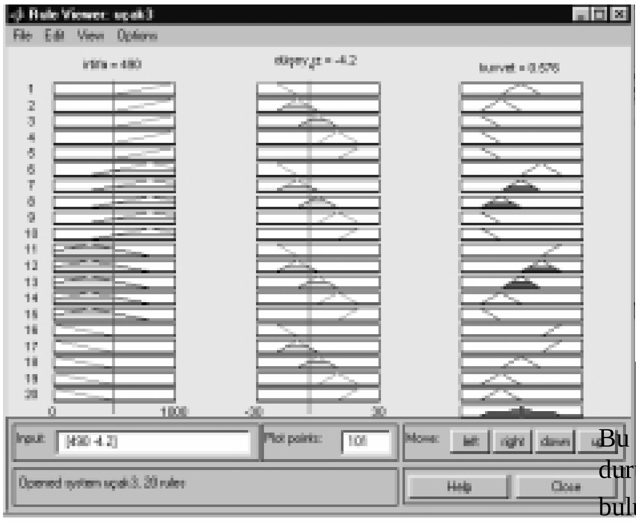
Bu iki kuralın uygulanması ile ilgili durum, Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12 Durulaştırma işlemi (Birinci adım)

Sonuç olarak, ağırlık merkezi yöntemini kullanarak uygulanması gereken f_0 kontrol kuvveti f_0=5.8 N.s bulunmuştur.

Şekil 13'de, yeni h_1 ve v_1 değerleri için uygulanacak f_0 itme kuvvetinin bulunması için MATLAB programıyla yapılmış örnek bir durulaştırma işlemi gösterilmektedir.



Şekil 13 MATLAB programıyla yapılmış örnek durulaştırma işlemi

Birinci adım sonunda yeni irtifa ve düşey hız şu şekilde olur:

$$h_1 = h_0 + v_0 = 1000 + (-20) = 980 \ m.$$
$$v_1 = v_0 + f_0 = -20 + 5.8 = -14.2 \ m/s$$

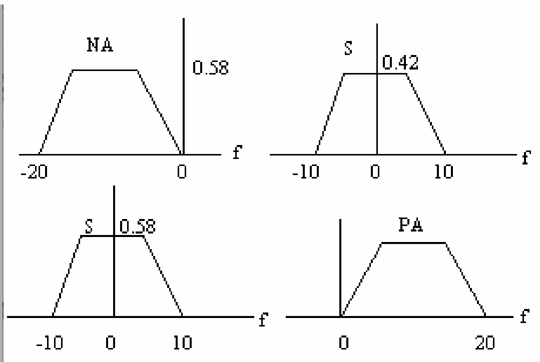
İkinci adımda, birinci adımda bulunan yeni irtifa ve düşey hızın hangi kümelere, hangi üyelik dereceleriyle girdiğine bakılacak olunursa;

$h_1 = 980$ m. 'Ç' irtifa bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.96 ve 'O' irtifa bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.64'tür.
$v_1 = -14.2$ m/s 'NA' düşey hız bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.58 ve 'NÇ' düşey hız bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.42'dir.

Bu durumla ilgili dört kuralı şu şekilde göstermek mümkündür:

İrtifa		Düşey Hız		Çıkış
Ç(0.96)	Λ	NA(0.58)	→	NA(0.58)
Ç(0.96)	Λ	NÇ(0.42)	→	S(0.42)
O(0.64)	Λ	NA(0.58)	→	S(0.58)
O(0.64)	Λ	NÇ(0.42)	→	PA(0.42)

Bu kural çıkışları Şekil 14'de gösterilmiştir.



Şekil 14 İkinci adım

Bu çıkışlar lojik toplam şeklinde birleştirilir ve durulaştırma işlemi tatbik edilirse $f_1 = 0.5$ N.s olarak bulunur.

İkinci adıma göre yeni irtifa ve düşey hız ise şu şekilde olur:

$$h_2 = h_1 + v_1 = 980 + (-14.2) = 965.8 \ m.$$
$$v_2 = v_1 + f_1 = -14.2 + (-0.5) = -14.7 \ m/s$$

Üçüncü adımda, ikinci adımda bulunan değerlerin hangi kümelere girildiğine bakılacak olunursa;

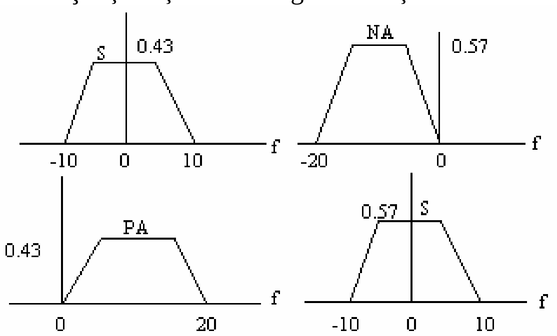
$h_1 = 965.8$ m. 'Ç' irtifa bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.93 ve 'O' irtifa bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.67'dir.

$v_1 = -14.7$ m/s 'NÇ' düşey hız bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.43 ve 'NA' düşey hız bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.57'dir.

Bu durumla ilgili yine dört kural harekete geçer:

İrtifa		Düşey Hız		Çıkış
Ç(0.93)	Λ	NÇ(0.43)	→	S(0.43)
Ç(0.93)	Λ	NÇ(0.57)	→	S(0.57)
O(0.67)	Λ	NA(0.43)	→	S(0.43)
O(0.67)	Λ	NÇ(0.57)	→	PA(0.57)

Bu kural çıkışları Şekil 15'de gösterilmiştir.



Şekil 15 Üçüncü adım

Bu çıkışlar için durulaştırma işlemi gerçekleştirilirse, $f_2 = -0.4$ N.s olarak bulunur.

Üçüncü adıma göre yeni irtifa ve düşey hız ise şu şekilde olur:

$$h_3 = h_2 + v_{21} = 965.8 + (-14.7) = 951.1\ m.$$
$$v_3 = v_2 + f_2 = -14.7 + (-0.4) = -15.1\ m/s$$

Dördüncü adımda, üçüncü adımda bulunan değerlerin hangi kümelere girildiğine bakılacak olunursa;

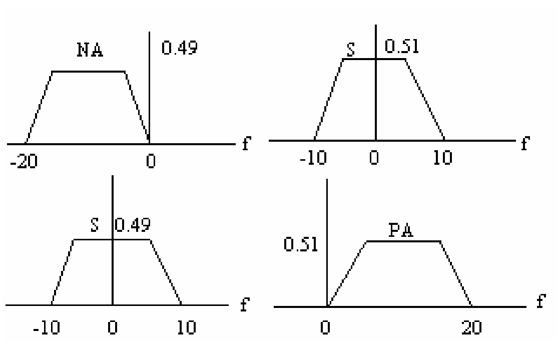
$h_1 = 951.1$ m. 'Ç' irtifa bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.9 ve 'O' irtifa bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.7'dir.

$v_1 = -15.1$ m/s 'NA' düşey hız bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.49 ve 'NÇ' düşey hız bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0.51'dir.

Bu durumla ilgili yine dört kural harekete geçer:

İrtifa		Düşey Hız		Çıkış
Ç(0.9)	Λ	NA(0.49)	→	S(0.49)
Ç(0.9)	Λ	NÇ(0.51)	→	S(0.51)
O(0.7)	Λ	NA(0.49)	→	S(0.49)
O(0.7)	Λ	NÇ(0.51)	→	PA(0.51)

Bu kural çıkışları Şekil 16'da gösterilmiştir.



Şekil 16 Dördüncü adım

Dört adımdaki her bir kural çıkışı birleştirilir ve durulaştırma işlemi yapılırsa, $f_3 = 0.3$ N.s olarak bulunur.
Dördüncü adıma göre yeni irtifa ve düşey hız ise şu şekilde olur:

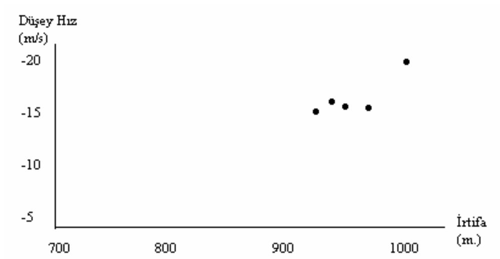
$$h_4 = h_3 + v_3 = 951.1 + (-15.1) = 936\ m.$$
$$v_4 = v_3 + f_3 = -15.1 + 0.3 = -14.8\ m/s$$

Bu dört adımlık simülasyon sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2 Dört adımın gösterimi

	Başlangıç	1. adım	2. adım	3. adım	4.adım
İrtifa (m.)	1000	980	965.8	951.1	936
Düşey Hız (m/s)	- 20	-14.2	-14.7	-15.1	-14.8
Kontrol Kuvveti (N.s)	5.8	-0.5	-0.4	0.3	

İrtifa ve düşey hız arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 17'de gösterilmektedir.



Şekil 17 İrtifa – Düşey hız grafiği

4. SONUÇ

Günümüzdeki bazı sistemlerin karmaşıklığı ve ilerleyen yıllarda da sistemlerin daha da karmaşık bir yapıya sahip olacağı düşüncesi, denetleme işlemlerinde farklı yaklaşımların geliştirilmesine neden olmaktadır. Esnek bir modellemeye izin veren bulanık mantığa dayalı sistemler, insan düşünce sistemine yakın bir anlayışla, bilgisayarların da yardımıyla ilerleyen yıllarda özellikle de havacılık alanında çok daha öneme sahip olacak gibi gözükmektedir.

Son bölümdeki bulanık mantığın uçağın iniş kontrol problemindeki uygulaması dört aşama da incelenmiştir. Bu şekilde çok sayıdaki aşamaların birleştirilmesinden, problemin başlangıcındaki düşey hız – irtifa grafiğine benzer bir şekil elde edilir. Bu durumda bulanık mantıkla hesaplanan kontrol kuvvetlerinin, problemi çözme açısından uygun hesaplamalar olduğu sonucuna varılır.

KAYNAKLAR

[1]www.ta-eng.com/industry/mforum/fuzzy/ preface.htm (08.08.2002)
[2]Şen Z., "Bulanık (Fuzzy) Mantık Ve Modelleme İlkeleri", Bilge Sanat Yapım Yayınevi, İstanbul, 2001
[3]Çiftçi H., "Fuzzy Logic Approximation For Some Mathematical Functions", OGÜ Lisans Tezi, Eskişehir, 2002
[4]http://members.tripod.com/~Bagem/bagem/ yz3.html (10.06.2003)
[5]Şenol F., "Bulanık Mantık Kontrolcüsü", Gazi Ü. Lisans Tezi, Ankara, 2000

[6]BERINGER, D.B., “Applying Performance-Controlled Systems, Fuzzy Logic, And Fly-By-Wire Controls To General Aviaion”, FAA Final Report, Oklahama City, 2002
[7]SERGAKI, A., KALAITZAKIS, K., “A Fuzzy Knowledge Based Method For Maintanance Planning In A Power System”, Greece, 2001
[8]OOSTREAM, M., BABUSKA, R., “Virtual Sensor For Fault Detection And Isolation In Flight Control Systems-Fuzzy Modeling Approach”, Proceedings of 39th IEEE Conference on Decision and Control, Sydney, December 2000.
[9]Akdemir M., “Indirect Adaptive Fuzzy Control For A Tank Using Gradient And RLS Methods”, OGÜ Lisans Tezi, Eskişehir, 2001
[10]http://www.hkmo.org.tr/yayin/odadergi/s87/bulanik_mantik.htm (10.06.2003)
[11]Yen J., Langari R., Zadeh L., “Industrial Applications Of Fuzzy Logic And Intelligent Systems”, IEEE Press, New York, 1995
[12]Chen G., Pham T.T., “Introduction To Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems”, CRC Press, Florida, 2000
[13]www.bumat.itu.edu.tr/dokuman_BULANIK_KuMELER.doc (10.06.2003)
[14]Yen J., Langari R., “Fuzzy Logic Intelligence, Control, and Information”, Prentice Hall, New Jersey, 1999
[15]Nguyen H.T., Walker E.A.,“A First Course In Fuzzy Logic”, Chapman&Hall/CRC, New York, 1999
[16]http://eros.science.ankara.edu.tr/~ozbek/bulanik-1.htm (08.08.2002)
[17]http://www.st.com/stonline/prodpres/five/pdf/fivedp.pdf (08.08.2002)
[18]Tanaka K., “An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications”, Springer-Verlag Inc., New York, 1997
[19]Piegat A., “Fuzzy Modeling and Control”, Physica-Verlag Press, New York, 2001
[20]Al M., “Determination Of Fuzzy Sets By Using Genetic Algorithms”, OGÜ Lisans Tezi, Eskişehir, 1998
[21]Negoita C.V., Ralescu D., “Simulation, Knowledge-Based Computing, and Fuzy Statistics”, Van Nosstrand Reinhold Company Inc., New York, 1987
[22]İTÜ Bulanık Mantık ve Teknoloji Kulübü, “Bulanık Mantık Kurs Notları”, İstanbul, 2003
[23]ROSS, T. J., “Fuzzy Logic With Engineering Applications”, McGraw-Hill, New York, 1995

ÖZGEÇMİŞLER

Arş. Grv. Emre KIYAK

1978 yılında Eskişehir’de doğmuş, lise eğitimini Eskişehir Süleyman Çakır Lisesi’nde, lisans eğitimini Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu Havacılık Elektrik ve Elektroniği bölümünde yapmıştır. Halen aynı okulda, Havacılık Elektrik ve Elektroniği bölümünde yüksek lisans yapmaktadır. 2001 yılından beri araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

Yrd. Doç. Dr. Ayşe KAHVECİOĞLU

1965 Eskişehir doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini Eskişehir’de tamamladı. 1986 yılında Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1987 yılında A. Ü. Sivil Havacılık Meslek Yüksek Okulu’na araştırma görevlisi olarak girdi. İlk yüksek lisansını 1989 yılında A.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda, ikinci yüksek lisansını 1991 yılında Fransa Ensica’da Havacılıkta Bakım ve Onarım konusunda ve 2000 yılında ise A.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Sivil Havacılık Ana Bilim Dalı’nda “Uçuş Kontrol Sistem Tasarımında Katlı-Model Yaklaşımı ve Genetik Algoritma Tekniğinin Uygulanması” konulu doktora tez çalışmasını tamamladı. Halen Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksek Okulunda yardımcı doçent doktor olarak görevini sürdürmektedir.