

**BULANIK MANTIĞIN TEKNOLOJİDEKİ  
KULLANIMLARI**

**AHU MERYEM ÇUVALCIOĞLU**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MATEMATİK ANA BİLİM DALI**

**DÖNEM PROJESİ**

**MERSİN  
MAYIS – 2012**

# **BULANIK MANTIĞIN TEKNOLOJİDEKİ KULLANIMLARI**

**AHU MERYEM ÇUVALCIOĞLU**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MATEMATİK ANA BİLİM DALI**

**DÖNEM PROJESİ**

**Danışman  
Doç. Dr. Hamza MENKEN**

**MERSİN  
MAYIS – 2012**

## **BULANIK MANTIĞIN TEKNOLOJİDEKİ KULLANIMLARI**

**Ahu Meryem ÇUVALCIOĞLU**

### **ÖZ**

Bu çalışmanın giriş bölümünde, klasik mantık ile ilgili genel bilgiler derlenmiş, ikinci bölümde Fuzzy Mantığın kuruluş aşamasının kısa bir tarihçesi incelenmiştir. 3. Bölüm’de, Fuzzy Mantığın teorik olarak kuruluşu derlenmiştir. 4. Bölümde, otomobiller için Fuzzy mantığın uygulanması, torna makinesi için uygulanması derlenmiştir. 5. Bölüm’de, Fuzzy Modelleme hakkında bilgi verilmiş, modellemenin erozyon çalışmalarındaki uygulaması açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Mantık, Önerme, Fuzzy Modelleme

**Danışman:** Doç. Dr. Hamza MENKEN, Mersin Üniversitesi, Matematik Ana Bilim Dalı

## **APPLICATION of FUZZY LOGIC in TECHNOLOGY**

**Ahu Meryem ÇUVALCIOĞLU**

### **ABSTRACT**

In introduction of this study, compiled general information related to classical logic, in the second part, a brief history of the Fuzzy logic is examined. In 3. Chapter, as the theoretical foundation of fuzzy logic is compiled. In 4. Section, the implementation of automobiles and turning machine has been compiled for the Fuzzy Logic. In 5. Section, provides information on Fuzzy Modeling, described to application of erosion studies.

**Key Words:** Fuzzy Logic, , Fuzzy Modeling

**Advisor:** Assoc. Prof. Dr. Hamza MENKEN, Department of Mathematic, University of Mersin

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın konusunun seçimi, araştırma aşaması ve hazırlanması sürecinde benden hiçbir desteğini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Hamza MENKEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm bu süreçte, eğitimimin aksamadan yürümesi için ders programımda bana kolaylık sağlayan Nihal Erdem Ticaret Meslek Lisesi'nin idarecilerine, yazım ve kontrol aşamasında bana destek olan eşime teşekkür ederim

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI</b> .....	<b>2</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>3</b>
3.1. MANTIK.....	3
3.2. BİLEŞİK ÖNERMELER.....	7
3.3. BULANIK MANTIĞI HAZIRLAYAN GELİŞMELER.....	14
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	<b>15</b>
4.1. BULANIK MANTIK KURAMI.....	15
4.2. BULANIK UYGULAMALAR.....	24
4.3. BULANIK MANTIK UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	29
4.3.1. Taşıt Süspansiyonlarında Bulanık Mantık.....	29
4.3.2. Taşıt Modeli.....	31
4.3.3. Kendini Ayarlayabilen Bulanık Mantık Yapısı.....	31
4.3.3.1. Üyelik fonksiyonları.....	33
4.3.3.2. Ölçeklendirme katsayıları.....	33
4.3.3.3. Kural tabanlarının oluşturulması.....	34
4.3.3.4. Kendini ayarlama mekanizması.....	34
4.4. TORNA MAKİNESİ.....	38
4.4.1. Takım Asınma Mekanizması.....	40
4.4.2. Kesme Parametrelerinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi.....	42
4.5 MODEL KAVRAMI.....	46
4.5.1. Erozyon Tahmin Modeli.....	47
4.5.2. Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması.....	47
4.5.3. Üç Değişkenli Model (ÜDM) .....	49
4.5.4. Bulanık Sonuç Çıkarma Motoru.....	49

4.5.6. İDM ve ÜDM ile Elde Edilen Sonuçların Usle'den Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması .....	50
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>53</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>55</b>

## **1. GİRİŞ**

Bu çalışmada fuzzy logic/bulanık mantık kuramının ortaya çıkışı, ne olduğu, hangi alanlarda uygulandığı ve hangi sonuçları doğurduğu betimleyici bir yaklaşımla ele alınmıştır.

Bilimsel buluşlar, bulanık mantık kuramının uygulanmasını kolaylaştırmış, mantık ve sibernetiği geliştirmiştir. Bulanık mantık temelli sibernetik sistemler, yapay zekâ kuramlarını ve uygulamalarını hızlandırmıştır. İlerleyen yapay zekâ çalışmaları bilgisayarların sanal hafıza, işlemci, bellek ve ekranlarıyla sanal dünyanın etkinlik alanını hızlı bir şekilde genişletmesini sağlamıştır.



## **2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI**

Bilim, felsefe ve kültürel etkinliğin birçok alanında 19. ve 20. yüzyıl devrimlerle dolu bir süreci gösterir. Devrimler süreci henüz bitmemiştir ve olanca hızıyla devam etmektedir. Coğrafi kesifler, dünya yüzeyinde tükenmiş olabilir belki ama evrenin uzak yerlerinde ve bize en yakın atom altı evrende kesifler devam etmektedir. Bilimsel kesifler çağı olan zamanımızda, yenilik ve değişimle birçok bilim adamı meşgul olmaktadır. Bunlardan bazıları mucizevî kesif ve icatlarla bilimi zenginleştirmiş, geleceğin seyrini tespit ve tayin etmek için biteviye çalışmış, kuantum kuramı, görelilik kuramı ve bulanık mantık kuramı gibi ilkin hiç de ussal görünmeyen ve akla aykırı gelen bilimsel çalışmalar üreterek algı, fizik ve kültür dünyamızı zenginleştirmişler; ve böylece bilime dayalı dünya tasarımıımızı bir adım ileriye götürmüşlerdir [5].

20. yüzyılın son çeyreğinde zihin felsefesi, spekülasyondan arınmak için kendine bilimden dayanaklar bulmaya başladı. İnsanın en önemli niteliği olan düşünme yeteneği ve bu yeteneğin bir sonucu olan is görme becerisi, sibernetik makineler tarafından taklit edilmeye başlandı. Zekânın davranış olarak makinelerde kullanılması, düşünmenin hesaplama olarak mantık şebekeli elektronik cihazlarda uygulanması, insan zekâsı hakkında daha ayrıntılı çalışmaları ateşlemiş, eldeki bilgilerin geometrik artısını sağlamıştır.

20. yüzyılın ikinci yarısında sibernetiğin bir bilim olarak ortaya çıkması, canlılığı ve zekâyı taklit etmeye girişmesi yeni ve tuhaf bir dönemin başlamasına neden oldu. Bu dönemde önemli bilimsel çalışmalardan bir kısmı sibernetik ve mantık alanında gerçekleştirildi [7].

Sibernetik ve mantık alanındaki her bir eseri, büyük bir kesif ve devrim niteliğinde olanlardan biri de Lotfy A. Zadeh'dir. Lotfy A. Zadeh, felsefenin bazı problemlerini ele almış, makineler düşünebilir mi(?) sorusuna ve dolayısıyla yapay zekâ sorunlarına tatminkâr cevaplar vermiş; Aristoteles'ten beri süregelen ve halen sembolik mantık şeklinde varlığını sürdüren mantık ve dilbilimsel sorunlara yeni

çözümler getirmiş; iki değerli mantığa, teknoloji üreten ve teknoloji ile desteklenen kuvvetli bir alternatif sunmuştur.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. MANTIK

Günlük yaşamda sözleri ve davranışları tutarlı olmayan insanları mantıksızlık ya da tutarsızlıkla adlandırırız. Benzer şekilde, sıra dışı oluşan bilgimiz sınırları ile açıklayamadığımız doğa olaylarını mucize yâda tesadüf kavramları ile ifade ederiz. Bunun yanında, sözleri ve eylemleri tutarlı olan insanları mantıklı olarak kabul ederiz. Doğada yaşanan bir takım anlayabildiğimiz olayları da kısaca doğa kanunu olarak adlandırırız.

Akıl yürütme, varlığı bilinen veya kabul edilen bu sayede tanınmış ifadeler ve bunlarla ilgili yargıların muhakemesinden elde edilen yeni yargıya ulaşma sürecidir. Bilinen yargıların doğruluğu ve kurulan sistemin tutarlılığı elde edilen yargının da doğru olması sonucunu verir. Buna da doğru akıl yürütme denir [2].

“Doğru” kavramının kişilere ve sistemlere göre değişiklikler göstermesine rağmen, mantık, kısaca, doğru düşünme yöntemi veya doğru düşünme kurallarını konu edinen bir bilimdir. O halde mantık, bulunduğu sistem içinde düşünme, akıl yürütme anlamına gelir.

Bir bilim olarak düşünüldüğünde, yargı mantığın bir objesidir. Bu obje önerme diye adlandırılır.

Mantık, bilgilerimizi elde etmek için kullandığımız bir araçtır. Herhangi bir bilgiyi elde etmek için önermenin hükmünün haklı gösterilmesi yani önermenin kabul edilmesi için haklı gerekçelerin ortaya koyulması gerekmektedir. Bu durum iki yolla yapılır; ya önceki önermelerden faydalanılır yada hiçbir şeyden faydalanılmaz. Birinci duruma dolaylı gösterim ikincisine dolaysız gösterim denir.

**Tanım:** Bir yargı bildiren, doğru ya da yanlış hüküm bildiren ifadelere önerme denir. Önermeler, p, q, r v.s. gibi küçük harflerle gösterilir.

Günlük dilde kullanılan önermeler genellikle bildiri kipinde cümlelerdir. Diğer kiplerde olan cümleler (soru, dilek v.s.) önerme olmaz.

**Örnek:** Ankara Türkiye'nin başkentidir.

Umarım soğuk olmaz.

Elmanın kilosu kaç lira?

**Tanım:** p bir önerme olsun. p önermesi doğru ise doğruluk değeri 1, yanlışsa doğruluk değeri 0 dır. Bir p önermesinin doğruluk değeri [p] ile gösterilir.

**Örnek:** “2+5 = 8” önermesinin doğruluk değeri 0, “2+5=7” önermesinin doğruluk değeri 1 dir.

Yukarıdaki açıklamalar kullanılarak, Q önermelerin ailesi olmak üzere,

$$[.]:Q \rightarrow \{0,1\}$$

fonksiyonu tanımlanabilir. Bu fonksiyon sayesinde

$$Q = [0]^{-1} \cup [1]^{-1}$$

yazılabilir. Tanımdan da anlaşılacağı gibi

$$[0]^{-1} \cap [1]^{-1} = \emptyset$$

dir.

Doğruluk değeri bakımından bir önerme için iki durum söz konusudur. Ancak, bir ifadede iki önerme kullanılacaksa, 4 durum, n tane birbirinden farklı önerme kullanılacaksa  $2^n$  durum söz konusu olur. Bu durumları aşağıdaki gibi gösterebiliriz.

p
1
0

p	q
1	1
0	1
1	0
0	0

p	q	r
1	1	1
0	1	1
1	0	1
0	0	1
1	1	0
0	1	0
1	0	0
0	0	0

**Tanım:** p ve q iki önerme olsun.  $p, q \in [0]^{-1}$  yada  $p, q \in [1]^{-1}$  ise p ve q önermelerine denk önerme denir. Yani, doğruluk değerleri aynı olan önermelere denk önermeler denir. p ve q önermelerinin denkliği  $p \equiv q$  ile gösterilir. Aksi durumda,  $p \neq q$  yazılır.

**Örnek:** p: Ay bir yıldızdır, q: kar mavidir önermelerini dikkate alırsak,  $p, q \in [0]^{-1}$  dolayısıyla  $p \equiv q$  dur. r: güneş bir yıldızdır. Önermesini dikkate alırsak,  $p \neq r$  elde edilir.

Verilen bir önerme doğru ise bundan bir yanlış, yanlış ise bir doğru önerme elde etmek mümkündür. Örneğin, “Ay dünyanın bir uydusudur.” önermesi doğru bir önermedir. Ancak, bundan elde edilebilecek olan, “Ay dünyanın bir uydusu değildir.” önermesi yanlıştır. Yapılan bu işleme, bir önermeyi olumsuzlama yada önermeyi değilleme işlemi denir.

**Tanım:** Bir p önermesini değilleme işlemi ile elde edilen yeni önermeye, p nin olumsuzu veya değili denir ve  $\sim p$  ile gösterilir.

**Örnek:** “p:  $3+4=8$ ” önermesinin değili “ $\sim p$ :  $3+4 \neq 8$ ” dir.

“q: güneş bir yıldızdır” önermesinin değili “ $\sim q$  : güneş bir yıldız değildir” önermesidir.

Tanımdan da anlaşılacağı gibi,  $p \in [0]^{-1}$  ise  $\sim p \in [1]^{-1}$  yada  $p \in [1]^{-1}$  ise  $\sim p \in [0]^{-1}$  dir.

*Bazı kaynaklarda yapılan yanlışlıklar,*

“Ahmet İstanbul’a gitmeyecek” [1, syf11] bir önerme değildir. Çünkü bu ifadede Ahmet’in İstanbul’a ömür boyumu gitmeyeceği yoksa belli bir zaman diliminde mi gitmeyeceği belirsizdir.

### 3.2. BİLEŞİK ÖNERMELER

Birden fazla önerme ve ( $\wedge$ ), veya ( $\vee$ ), ise ( $\Rightarrow$ ), ancak ve ancak ( $\Leftrightarrow$ ) bağlaçlarından en az biri ile biri ile birbirine bağlanarak yeni bir önerme elde edilir. Bu önermelere bileşik önermeler denir [2].

**Tanım:** p ile q iki önerme olsun. “p ve q” önermesi p ile q önermeleri doğru olduğunda doğru, diğer durumlarda yanlış olan bir bileşik önermedir. Bu önermeye p ile q önermelerinin kesişimi denir ve  $p \wedge q$  ile gösterilir.  $p \wedge q$  önermesinin doğruluk tablosu aşağıdaki gibidir.

p	q	$p \wedge q$
1	1	1
0	1	0
1	0	0
0	0	0

**Örnek:** “Tarsus Mersin’in bir ilçesidir ve Mersin Türkiye’de bir ildir” önermesi “Tarsus Mersin’in bir ilçesidir” ve “Mersin Türkiye’de bir ildir” önermeleriyle oluşturulmuş bir bileşik önermedir. Her iki önerme de doğru olduğundan bileşik önerme doğrudur.

p	q	$p \vee q$
1	1	1
0	1	1
1	0	1
0	0	0

**Tanım:** p ile q iki önerme olsun. “p veya q” önermesi p ile q önermeleri yanlış olduğunda yanlış, diğer durumlarda doğru olan bir bileşik önermedir. Bu önermeye p

ile  $q$  önermelerinin birleşimi denir ve  $p \vee q$  ile gösterilir.  $p \vee q$  önermesinin doğruluk tablosu aşağıdaki gibidir.

**Örnek:** “Mersin Türkiye’nin bir ilidir veya  $3+5=12$ ” önermesi “Mersin Türkiye’nin bir ilidir” ve “ $3+5=12$ ” önermeleri ile oluşturulmuş bir bileşik önermedir. Birinci önerme doğru olduğundan bileşik önerme de doğrudur.

**Örnek** “Bu dersi Matematik I veya Bilgisayar Giriş derslerini almış öğrenciler alabilir “ derken Matematik I ve Bilgisayar Giriş derslerini alan öğrencilerin yanı sıra bu derslerde sadece birini alan öğrencilerinde dersi almaları mümkündür şeklinde ifade edebiliriz.

**Tanım:**  $p$  ile  $q$  iki önerme olsun. “ $p$  ise  $q$ ” önermesi  $p$  doğru ile  $q$  yanlış olduğunda yanlış, diğer durumlarda doğru olan bir bileşik önermedir. Bu önermeye koşullu önerme denir ve  $p \Rightarrow q$  ile gösterilir.  $p \Rightarrow q$  önermesinin doğruluk tablosu aşağıdaki gibidir.

$p$	$q$	$p \Rightarrow q$
1	1	1
0	1	1
1	0	0
0	0	1

**Örnek:** “ $3+4=5 \Rightarrow 3+4=7$ ” önermesi “ $3+4=5$ ” ve “ $3+4=7$ ” önermelerinden oluşan bir bileşik önermedir. Birinci önerme yanlış olduğundan bileşik önerme doğrudur. Ancak “ $3+4=7 \Rightarrow 3+4=5$ ” bileşik önermesi doğru değildir.

**Örnek**  $p$ : Kahvaltı yaparım.  $q$ : Öğlen yemeği yemem.

$p \Rightarrow q$ : Eğer kahvaltı yaparsam, öğlen yemeği yemem.

Yukarıdaki örnekteki  $p \Rightarrow q$  için diğer alternatifler:

Sadece eğer öğlen yemeği yemezsem kahvaltı yaparım.

Kahvaltı yapmam öğlen yemeği yemeyeceğim anlamına gelir.

Ne zaman kahvaltı yapsam öğlen yemeği yemem.

**Tanım:** p ile q iki önerme olsun.  $p \Rightarrow q$  koşullu önermesinde p ye q için yeter koşul, q ya p için gerek koşul denir.

**Tanım:** p ile q iki önerme olsun. " $p \Rightarrow q$ "  $\wedge$  " $q \Rightarrow p$ " bileşik önermesine iki yönlü koşullu önerme denir ve " $p \Leftrightarrow q$ " ile gösterilir.  $p \Leftrightarrow q$  iki yönlü koşullu önermenin doğruluk tablosu aşağıdaki gibidir.

P	q	$p \Rightarrow q$	$q \Rightarrow p$	$(p \Rightarrow q) \wedge (q \Rightarrow p)$	$p \Leftrightarrow q$
1	1	1	1	1	1
0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1

**Örnek p:** Kahvaltı yaparım.

q: Öğlen yemeği yemem.

$p \Leftrightarrow q$  : Sadece ve sadece öğlen yemeği yemezsem kahvaltı yaparım.(alternatif; sadece ve sadece kahvaltı yaparsam öğlen yemeği yemem.)

İşlemlerde Öncelik Sırası

1.  $\neg$
2.  $\wedge$
3.  $\vee$
4.  $\Rightarrow$
5.  $\Leftrightarrow$

**Not:** Önceliği değiştirmek için parantez kullanılır.

**Tanım:** p ile q iki önerme olsun.

- a.  $\sim p \Rightarrow \sim q$  önermesine  $p \Rightarrow q$  önermesinin tersi,



- b.  $q \Rightarrow p$  önermesine  $p \Rightarrow q$  önermesinin karşıtı,
- c.  $\sim q \Rightarrow \sim p$  önermesine  $p \Rightarrow q$  önermesinin karşıt tersi denir.

**Tanım:** doğru olduğu önceden ispatlanmış önermelere teorem denir.

**Örnek:** p ile q iki önerme olsun.  $\sim(p \wedge \sim q)$  önermesi için doğruluk tablosu aşağıdaki gibidir;

p	q	$\sim q$	$p \wedge \sim q$	$\sim(p \wedge \sim q)$
1	1	0	0	1
0	1	0	0	1
1	0	1	1	0
0	0	1	0	1

**Tanım:** Bileşik önermeyi oluşturan önermelerin alabileceği tüm doğruluk değerleri yerine yazıldığında doğruluk değeri 1 olan bileşik önermeye totoloji, 0 olan bileşik önermeye çelişme denir.

**Örnek:** p, q, r üç önerme olmak üzere

- a.  $p \vee \sim p$  (totoloji)
- b.  $p \wedge \sim p$  (çelişme)
- c.  $[(p \Rightarrow r) \wedge (q \Rightarrow r)] \Rightarrow [(p \vee q) \Rightarrow r]$  (totoloji)

Eğer iki bileşke önerme mantıksal eşdeğerse, bu iki önermenin çift yönlü koşullu bağlayıcı ile bağlanması ile oluşan önerme bir totoloji olmalıdır. ( $p \equiv q$  ise  $p \Leftrightarrow q$  totoloji olmalı) Bunun nedeni, iki mantıksal eşdeğer önermenin ikisi de aynı anda ya doğrudur ya yanlıştır. Her iki durumda da çift yönlü koşullu önerme doğrudur. Bu durumun tersi de yani  $p \Leftrightarrow q$  bir totoloji ise  $p \equiv q$ . Bunun nedeni şu gerçeğe dayanır. Çift yönlü koşullu önerme  $p \Leftrightarrow q$  sadece p ve q nun her ikisinin de aynı doğruluk değerine sahip olduğu zaman doğrudur.

**Teorem:**  $p$ ,  $q$  ve  $r$  önermeler olsun. bu takdirde aşağıdaki ifadeler doğrudur.

- a.  $p \vee p \equiv p$  ( $\vee$  nin tek kuvvet özelliği)
- b.  $p \wedge p \equiv p$  ( $\wedge$  nin tek kuvvet özelliği)
- c.  $p \vee q \equiv q \vee p$  ( $\vee$  nin değişme özelliği)
- d.  $p \wedge q \equiv q \wedge p$  ( $\wedge$  nin değişme özelliği)
- e.  $p \vee (q \vee r) \equiv (p \vee q) \vee r$  ( $\vee$  nin birleşme özelliği)
- f.  $p \wedge (q \wedge r) \equiv (p \wedge q) \wedge r$  ( $\wedge$  nin birleşme özelliği)
- g.  $p \vee (q \wedge r) \equiv (p \vee q) \wedge (p \vee r)$  ( $\vee$  nin  $\wedge$  üzerine sağdan dağılma özelliği)
- h.  $p \wedge (q \vee r) \equiv (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$  ( $\wedge$  nin  $\vee$  üzerine sağdan dağılma özelliği)
- i.  $(q \wedge r) \vee p \equiv (q \vee p) \wedge (r \vee p)$  ( $\vee$  nin  $\wedge$  üzerine soldan dağılma özelliği)
- j.  $(q \vee r) \wedge p \equiv (q \wedge p) \vee (r \wedge p)$  ( $\wedge$  nin  $\vee$  üzerine soldan dağılma özelliği)
- k.  $p \vee 1 \equiv 1$  ( $\vee$  nin özdeşlik özelliği)
- l.  $p \vee 0 \equiv p$  ( $\vee$  nin özdeşlik özelliği)
- m.  $p \wedge 1 \equiv p$  ( $\wedge$  nin özdeşlik özelliği)
- n.  $p \wedge 0 \equiv 0$  ( $\wedge$  nin özdeşlik özelliği)
- o.  $\sim(\sim p) \equiv p$  ( $\sim$  in tamlama özelliği)
- p.  $p \vee \sim p \equiv 1$  ( $\vee$  nin tamlama özelliği)
- q.  $p \wedge \sim p \equiv 0$  ( $\wedge$  nin tamlama özelliği)
- r.  $\sim(p \vee q) \equiv \sim p \wedge \sim q$  ( $\vee$  için De Morgan kuralı)
- s.  $\sim(p \wedge q) \equiv \sim p \vee \sim q$  ( $\wedge$  için De Morgan kuralı)

Yukarıdaki teoremde belirtilen temel ilkelere, önermeler cebirinin kuralları denir.

**İspat:** Doğruluk tablosu yöntemi ile kolaylıkla görülür.

**Teorem:**  $p$  ile  $q$  iki önerme olsun. Bu takdirde,

- a.  $p \Rightarrow q \equiv \sim p \vee q$
- b.  $p \Rightarrow q \equiv \sim q \Rightarrow \sim p$

**Teorem:**  $p, q, r$  üç önerme olmak üzere,  $(p \Rightarrow q) \wedge (q \Rightarrow r)$  önermesi doğru ise  $p \Rightarrow r$  doğrudur.

Yukarıdaki teoreme tümdengelim ilkesi denir.

**Örnek:**  $p$ : Ekonomi iyiye gidiyor,

$q$ : Fiyatlar düşüyor

önermeleri için  $p \vee q$  bileşik önermesini ifade ederek doğruluk değerini bulalım.

$p \vee q$ : Ekonomi iyiye gidiyor veya fiyatlar düşüyor bileşik önermesi elde edilir. Burada  $p, q$  önermelerinin doğruluk değerlerini belirlemeden  $p \vee q$  bileşik önermesinin doğruluk değeri için bir şey söylenemez. Öte yandan,  $p, q$  önermeleri için kimi doğru kimi de yanlış diyecektir. Dolayısıyla  $p, q$  önermelerinin doğruluk değerleri ve buna bağlı olarak  $p \vee q$  bileşik önermesinin doğruluk değeri, değerlendiren kişiye göre değişecektir. Bu durum şunu gösteriyor: Her önermenin doğruluk değeri evrensel değildir; bazen görelidir; yani kişiye bağlı olabilir, yere bağlı olabilir, zamana bağlı olabilir. Sözcüğü, "Dünya dönüyor" önermesi bugün doğru bir önermedir; ama ortaçağda yanlış bir önerme idi. Yeniden yukarıdaki  $p \vee q$  bileşik önermesine dönecek olursak, bunun doğru olması ya da yanlış olması gerçek hayattaki durumu göstermez, sadece bileşen önermelerin doğruluk değerlerinin mantıksal sonucunu verir.

**Örnek:**  $p$ : Ekonomi iyiye gidiyor,

$q$ : Fiyatlar düşüyor

önermeler için  $p \Rightarrow q$  koşullu önermesi şu şekilde ifade edilir;

$p \Rightarrow q$ : Ekonomi iyiye gidiyorsa fiyatlar düşer biçimindedir. Yukarıdaki örnekte genelde  $p$  doğru ise  $q$  da doğrudur; dolayısıyla  $p \Rightarrow q$  bileşik önermesi de doğrudur. Fakat  $p$  doğru olmadan da  $q$  doğru olabilir (ekonomi iyiye gitmediği halde fiyatlar başka nedenlerle de düşebilir). Bu durumda  $p \Rightarrow q$  önermesi yine doğrudur. O halde, genel duruma dönüp herhangi  $p, q$  önermeleri alırsak,  $p \Rightarrow q$  bileşik önermesinin doğru olması için  $p$  nin doğru olma zorunluluğu yoktur. Fakat  $p \Rightarrow q$

doğru ise, p nin doğru olması q nun da doğru olmasını zorunlu kılar. Bu durumda,  $p \Rightarrow q$  koşullu önermesine "gerektirme" deriz ve  $p \Rightarrow q$  (p gerektirir q diye okunur) simgesiyle gösteririz. Ayrıca  $p \Rightarrow q$  ise, p ye q için yeterli koşul ve q ya da p için gerekli koşul denir.

**Örnek:** x hayvanlar topluluğuna ait bir değişken olmak üzere, p(x): x tüysüz bir hayvandır açık önermesi için " $\forall x, p(x)$ " ve " $\exists x, p(x)$ " önermelerini sözel olarak şu şekilde ifade edebiliriz;

Birincisi "Her hayvan tüysüzdür" ya da "Bütün hayvanlar tüysüzdür", ikincisi "Bazı hayvanlar tüysüzdür" ya da "En az bir hayvan tüysüzdür" biçiminde olabilir. Açıktr ki, birincisi yanlış bir önerme, ikincisi doğru bir önermedir.

### 3.3. BULANIK MANTIĞI HAZIRLAYAN GELİŞMELER

1965 yılında, Azeri asıllı Amerikalı sibernetikçi Lotfy A. Zadeh tarafından geliştirilen fuzzy [bulanık] mantık kuramı, iki değerli mantık kuramlarına bir alternatif oluşturmuş, sibernetik ve onunla doğrudan ilgili bilimlerde akıl almaz derecede hızlı gelişmeleri tetiklemiş, sibernetik ve yapay zekâ çalışmalarını hızlandırmıştır. Halen süren ömrüne beş büyük bilimsel kuram sığdıran Lotfy A. Zadeh mantık, sibernetik, bilgisayar, yapay zekâ ve otomatik makinelerle dair ortaya koyduğu kuramlar ve keşfettiği kanunlarla 20. ve 21. yüzyıl teknoloji devriminde önemli pay sahibi olmuştur. Çünkü sibernetik, insan gibi hareket eden makineler yapma girişimi olarak daha fazla otomasyon ve makineleşmeye imkân sunmaktadır [17].

Bulanık mantığın sibernetikte ve yapay zekâ çalışmalarında, dolayısıyla bilgisayar alanında ve buradan da hareketle sanal gerçekliğin yapay zekâ çalışmalarındaki etkileri önemsenecek gibi değildir. Yapay zekâ çalışmalarının fizik, sibernetik, mantık ve biyolojiden beslenen açıklama tarzıyla zihinsellik ve zihinsel durumların içeriği hakkında ayakları yere basan yaklaşımları zihin felsefesi için önemlidir.

Felsefe hiçbir zaman 20. yüzyıldaki gibi yoğun sorunlar ile yüzleşmemiş ve ilgi alanı haline gelmemiştir. Öte yandan felsefenin, diğer birçok insani bilim gibi doğa biliminin gölgesinde kalmaktan kurtulma denemelerinde bulunduğu gözlenebilmektedir. Ancak ilerleyen ve gelişen bilim ve teknoloji, daha karmaşık kültürel ve toplumsal yaşam biçimlerine neden olmuş veya onu doğurmuştur. Bu gelişmelerin yeni felsefi sorunlara neden olduğu ve bazı felsefi sorunları gün yüzüne çıkardığı aşikârdır: algı, sanallık, yaşamın kaynağı, genetik etik, zamanın doğası, canlılığın, devinimin ve zekânın kökenleri ve hareket, zekâ ve canlılığın taklit edilmesi örneğin. Bu metnin özelliği, sibernetik alanında yenilikler sunmaktan ziyade konuyu tanıtmak istemesiyle sınırlandırılmıştır [9].

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. BULANIK MANTIK KURAMI

Lotfy A. Zadeh 1964 yılında sekilenmeye başlayan düşüncelerini 1965 yılında “The Theory of Fuzzy Logic and Fuzzy Sets [Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler Kuramı]” adıyla yayınladı. Kuramda geçen “fuzzy logic” sözü hemen dikkatleri çekti; ama olumsuz bir yığın tepki anlamında. Zadeh kuramını, tam ve net olarak ortaya koyabilmek için “fuzzy logic [bulanık mantık]” ifadesini kullanınca “mantığın bulanık olanı da mı olurmuş!” şeklinde itirazlar yükselmeye başladı.

Bu tartışmaların en önemli sebebi suydü: “Bulanık” sözcüğünü mantık bilimiyle ilişkilendirmenin zorluğu. Çünkü birçok mantıkçı ve mantık uygulayıcısı, L. Zadeh’e geliştirdiği mantığın ne olduğunu sormaksızın “fuzzy/bulanık” sözcüğünü alaycı bir tavırla eleştiriyordu. Bu nedenle bulanık mantık kuramı, kendine başka bir ülkede uygulama alanı buldu. Çünkü Amerika’da zaten “kesinliği” önemseyen bir değer dizimi vardı [1].

Japonlar, ABD’de tartışmalar halen devam edip sürerken, bu özgün fikri benimseyip geliştirmeyi çok iyi basardılar. Önce fuzzy/bulanık terimine karşı soğuk tepkiyi önlemenin yolunu araştırdılar. “Fuzzy”i dillerindeki karşılığı olan “aimai”[bulanık/belirsiz] şeklinde tercüme etmeyip “faaji” şeklinde aynen aldılar. “Faaji” kullanıla kullanıla “zeki” manasını çağrıştırır oldu.

Onlardaki bu zeki girişime rağmen ABD’deki şirketlerin bazılarında: “Bugün fuzzy vuzzileriniz ne âlemde?” sakaları yapılıyor, subaylar harp taktiklerinde “bulanık” mantıktan bahsedecek olsalar, mevcut olumsuz tavır yüzünden terfi edemeyeceklerini düşünüyorlardı. Daha sonra bu durumu değerlendiren bazı yazarlar ve bilim adamları sunu diyeceklerdir:

Ancak L. Zadeh’ye göre fuzzy sözcüğü yerine ne soft kullanılabilir, ne sisli ne de başka bir şey; ve fuzzy logic yerine continuous logic gibi terimler kullanılsaydı kimse onu fark etmezdi. L. Zadeh, “fuzzy logic” terimini işleviyle ilgili olarak “yi düşünüldüğünde bu terimin önemli olduğu kadar da ironik olduğu

anlaşılır. Zaman gelecek bu yeni fikir batı dünyasının bilime hediye ettiği en büyük başarı olacaktır” demiştir [3].

L. Zadeh, "biraz basit, biraz da eğlenceli" dediği bu fikrin bilim tarihinde devrim yapabilecek bir buluş olduğunu daha o zamanlar düşünüyordu. Bu nedenle kuramını bir ay sonra Rent Corporation'da çalışan, o zamanın Amerikalı en etkili matematikçisi sayılan arkadaşı Richard Bellman'a gösterdi. Bellman, kuramı birkaç kez gözden geçirdikten sonra şunları söyledi:

Sanırım sizin bu çalışmanız bilimde devrim yapacak bir çalışmadır. Zamanla bütün bilim dallarına yeni bakış açısı ve form sunacak; her şeyi kökten değiştirecektir. Hatta insan fenomenine dair yeni tasarımlar yaratacaktır [5].

L. Zadeh için kuramda geçen bulanık sözcüğü matematiksel bir niceliği ifade eder. Gerçek dünyanın genel görünümü, 0 ile 1 arasındaki yüzlerce aralıktan, benzerlikten ve karşıtıktan ibarettir. Daha salt ve yeğin olarak söylersek; dünya, kesikli-kesintili değildir; o bir sürekli-kesintisizdir. Yani, beyaz ile beyazımsı arasındaki sınır, kırmızı ile kırmızımsı arasındaki sınır belli ve net değildir; birinden diğerine sürekli kesintisiz bir geçiş vardır; bu bir oluşturma; geçişler süreklilik gösterir. Bulanık işlemler birer matematik işlemleridir.

Ne var ki, Zadeh'ye göre, düşünmenin sayısal verilerle gerçekleşmesi bugün için insan zihnine tanıdık değildir. Örneğin garson size bifteğinizi nasıl istersiniz diye sorduğunda 0.75 oranında pismiş olsun veya 0.25 az pismiş olsun demezsiniz; gerekli de değildir. Ancak bu yüzden biz birçok ayrıntıyı gözden ve düşünmeden kaçırmış, düşünmeyi indirgemiş olmaktayız. “Bulanık mantık kuramının olguları bulanıktır, fakat kuralsız değildir.” Bu kuramın ilgilendiği olgular, konu edindiği nesnelere ve durumlar bulanıktır, kuramın kendisi değil.

Aslında nesnesi bulanık olduğundan ve nesnesini klasik kesinlik mantığından daha hassas tanımlayabildiğinden ve kavrayabildiğinden kısmen mantık da bulanıktır. Fakat bulanık olan mantığın temelindeki düşüncedir. Nesnesini kavrayabilen bir düşüncenin ürünü olan bulanık mantığın, olgularındaki bulanıklık onların kuralsız ve keyfi olmasından kaynaklanmaz. Tersine, bu türden olgular

düşünmeye bulanık gelmektedir. Şeylerin kesin olarak tanımlanamaz olusu onların kesin olarak kuralsız olduğu anlamına gelmemektedir.

Bulanıklık yalnızca zihin için söz konusudur. Bulanık mantık kuramı, öznenin nesnesine dair verdiği yargıdaki yüklemelerin uygulanmasında belirsizliğin yerini tutan, bu tür belirsizliklerin ve bulanıklıkların ifade edilmesini sağlayan bir mantıktır. Bulanık mantık, şeyleri ve değerleri gerçekliğe daha uygun olarak betimlemeyi amaçlayan ve bunu matematiğin elverdiği oranda başaran bir mantıktır. Lotfy A. Zadeh'ye göre, "bulanık mantık her şeyin, doğrunun da, bir derece meselesi olduğu insani akıl yürütme için bir modeldir. Temelde, sözcükle hesaplama anlamı sunmaktadır [10].

L. Zadeh'ye göre dar anlamda bulanık mantık, çok değerli mantığın genişletilmesi ve bir genelleştirilmesi sayılabilecek yaklaşık/kestirimsel akıl yürütmenin bir mantığıdır. Geniş anlamda ise bulanık mantık, bulanık kümeler kuramının genişletilmesidir.

Bulanık kümeler, üyelik geçişlerinin kesintiden ziyade derecelenmeyle olduğu nesnelere kümesidir. En geniş anlamda bulanık mantık, bulanık aritmetik ve bulanık otomatiklerden bulanık biçim tanıma, bulanık diller ve bulanık uzman dizgelere kadar birçok branşı içerir.

Philosophical Dictionary'e göre, bulanık mantık, doğru ve yanlışın birçok derecesine sahip önermelerde akıl yürütmenin klasik olmayan dizgesidir. Amerikalı bulanık mantık uzmanı Bart Koska'ya göre bulanık mantık, varolduğumuz günden bugüne bizim düşünce dizgemizdir ve bununla IQ'su yüksek makineler yapılabilir. Ona göre "bulanık mantık, insanların günlük konuşma ve algılama tarzından yola çıkarak, "az yoğun trafik", "biraz kalabalık", "az pismiş", "çok yoğun" gibi ara değerler içeren mantık cümlelerini değerlendirebilen IQ'su yüksek makineler üretme süreçlerinin dizgeselleştirilmesidir" [12].

George J. Klir'in bildirdiğine göre, bulanık mantığın ne olduğuna dair farklı yaklaşımlar vardır. Ona göre bulanık mantık, "klasik mantığın genişletilmesidir ve klasik kümelerden ziyade bulanık kümeleri kullanır". Grünberg'e göre genişletme, "verilen bir mantık dizgesinin mantık değişmezlerinin anlamını koruyarak yeni



mantık değişmezleri eklemekle genişletilmiş bir dizge elde edilir; ilk istemde geçerli olan her çıkarım genişletilmiş dizgede de geçerlidir ama genişletilmiş bir dizgede geçerli olan bir çıkarım ilk dizgede geçersiz olabilir.

Zadeh'ye göre bulanık mantık ve bulanık kümeler kuramı özetle sunu söyler:

Kesinlik diye bir şey yoktur. Mutlak kesin olan hiçbir şey yoktur. Her şey, matematiksel olarak ifade edersek, 0 ile 1 arasındaki sınırdadır [12].

Nesnesine tam uygun bir uslamlamada "A, uzundur" diyemeyiz. "Uzunluk" kesin bir tanımlama olarak alt ve üst sınırlar arasında gidip gelmektedir. Alt sınır 0 ile, üst sınır 1 ile gösterilir. Felsefede çok iyi bilinir ki, düşünceler, temeldeki tanımlara dayanır; filozofların tanımları farklı olduğu ölçüde görüşleri de değişiklik gösterir. Bulanık mantık ve bulanık kümeler kuramı yalnızca tanım'a göre isleyen bir tür görelilik kuramıdır; göreliliği, kendi tanımladığı kümelere yükler.

Bir bulanık kümenin bulanık kuralı, tanımı tam yapılmamış bir küme veya bulanık bir önermedir. "İsveçlilerin ne kadarı uzundur(?)" gibi bir soruya cevap vermeyi mümkün kılan bir bulanık küme, tam bir tanım gerektirir" . "-İsveçlilerin çoğu uzundur" denildiğinde "çoğu", "bir kısmı" veya "çok azı" gibi algısal niceleyici kavramları birer bulanık niceleyicidir. Bu türden genel ilk örnek önermeler temelde bulanıktır. Bu nedenle "çıkarımsal uslamlamaya ilk örnek merkezli bir yaklaşım, iki değerli mantıktan ve olasılık kuramından ziyade bulanık mantık ve olasılıklı akıl yürütmeye dayanır".

Bulanık düşünme, şeylere dair karar verirken, onu aslına uygun olarak tanımlar. Örneğin, "doğru veya yanlış", "büyük veya küçük", "yeşil veya yeşil değil" gibi betimleme ve belirlemelerde, hakkında karar verilen şeyin "ne kadar doğru ve aynı anda ne kadar yanlış", "ne kadar büyük ve ne kadar küçük" veya o şeyin "ne kadar yeşil" olduğunu, daha önce uzman kişilerce "iyi tanımlanmış bulanık kümelere" dâhil olma oranlarını bularak "ne kadar" olumlu ve olumsuz değerinde olduğunu matematiksel olarak sunar. Bulanık mantığın Amerika'daki sadık savunucularından Bart Kosko, bulanık kümelere örnek vermek için konferanslarda dinleyicilerden "erkek" olanların ellerini kaldırmalarını ister. Erkekler ellerini kaldırır, bayanlar kaldırmaz. Bu bayan olmayan bir dizidir. Bu kez de bayanların ellerini kaldırmasını

ister; başka bir dizi oluşur. Bu ise erkek olmayan bir dizidir. Bu belirlemede katılımcılar, siyah ya da beyaz gibi iki diziye bölünürler. Burada yapılan mantıksal işlem klasik usavurmadır. "Erkekler ve erkek olmayanlar" veya "bayanlar ve bayan olmayanlar" kümesi iki değerli bir sınırlandırmadır, kümelenendirir. Koska daha zor bir soru sorar:

—Kaç kişi işinden memnun?

Eller kalkar, iner, çoğu dirsekler kırılmış bir halde sükûna ererler. Ancak çok azı ellerini iyice kaldırır veya hiç kaldırmaz. çoğu insan ise bu iki uç arasında yer alır. Tam da bu durum bulanık bir kümeyi, yani "isinden memnun olanları" tanımlamaktadır. Sonra eller indirilir ve bu kez isinden memnun olmayanların ellerini kaldırması istenir. Aynı ellerden birçoğu kalkar, iner, ortalarında bir yerde asılı kalır. Bu da "isinden memnun olmayanların bulanık kümesini, yani birincinin tersini tanımlamaktadır.

Meslek dizileri, erkek bayan dizilerinden farklıdır. Erkek dizisi bayan dizisiyle kesişmez. Bir insan ya erkektir ya da bayan, ikisi birden olamaz. "A veya A-değil." Ancak çoğu insan isinden biraz memnun biraz memnun değildir; yani hem memnun hem de değildir. Hem A hem de A-değil. Çok az insan %100 memnun veya %100 memnun değildir. -sinden memnun olma durumunu 1 ile gösterirsek ve memnun olmamayı da 0 ile gösterirsek; isinden tam memnun olmaya daha yakın ama az da olsa şikâyeti olan biri uzmanlar tarafından iyi tanımlanmış bir bulanık küme içinde 0.85 veya 1'e yakın başka bir oranda temsil edilebilir.

Bulanık mantık, bu tür kümeleri ve tanımları kullanarak işlem yapar. Klasik mantıkla, bu durumdaki akıl yürütme isinden memnun olanlar ve olmayanlar şeklinde kesin iki küme oluşturmakla sürdürülür ve bitirilir. kişi, isinden ya memnundur ya da memnun değildir. Ama bir isi olan herkes bilir ki, bu türden bir belirleme, gerçeği yansıtmaz ve kısıtlayıcıdır. Tüm bulanık işlemler bulanık kümelere dayanarak yapıldığına göre bulanık kümelerin kurulması önemli olmalıdır. Bulanık küme kurmanın değişik yöntemleri vardır. "En yaygın olarak kullanılan yöntem üyelik fonksiyonu tayin etme yöntemidir".

Burada kümeler, kullanıcının tanımladığı fonksiyonlarda kurulur ve bunlar 0-1 aralığında üyelik fonksiyonuna dönüştürülür. Bulanık kümelerin alt ve üst sınırları, tanımı yapan uzmana göre değişir. Bulanık işlemler aynı zamanda yaklaşık/tahmini ve olasılıklı akıl yürütmeler içerir. “Bulanık kümeler işlemcisi kullanılarak ‘alçak’, ‘yüksek’, ‘iyi’ gibi bulanık dilbilimsel değişkenlerde verilen kararın süreci tahmini akıl yürütme olarak adlandırılır”. Bulanık mantık, dünyanın kesintisizliğini, yani fuzzy yönünü, bulanıklığını betimlemektedir.

İyi tanımlanmış kümeler oluşturabilmek bulanık mantığın en çetin yönüdür. Çünkü bir önermenin hangi kümeye ait olacağı kümenin geniş tanımıyla ilgidir. Bulanık kümeler kesinsizliğin tanımını içermek gibi zor bir görev yaparlar. Birçok olay belirsiz koşullarda gerçekleşmektedir. Bulanık mantık "normal" gibi kavramların bilgisayarlar tarafından anlaşılmasını sağlar. Bu şekildeki değişkenler hesaplanmak istendiğinde küme, sıklık, kapalı küme vb. gibi değerlendirme ölçütleri oluşturulur. Bir önermenin bir kümeye aidiyet katsayısına göre akıllı işlemciler önerme hakkında işlem yapmaktadırlar [5].

Bir bulanık mantık işlem sürecinin elemanlarını ve aşamalarını şöyle gösterebiliriz :

1. Bulanıklaştırma [fuzzyleştirme]
2. Davranış tanımlama
3. Netleştirme veya bulanıklığın giderilmesi [defuzzyleştirme]

İlk iki evre bulanık küme kurma ve tanımlama işlemlerini içerir. Fuzzyleştirme, diğer adıyla f-genelleştirme, bulanık kümelerin bir genelleştirilmesidir. “Küme” sözcüğü dilbilimsel değişkeni veya f.fuzzy generalization’ı ifade eder.

Fuzzyleştirme durumunda çok değerli mantığa kadar geri gidildiğinde gördüğümüz doğrunun derecelerine sahip oluruz. Burada bulanık girdi değerleri üretmek için üyelik fonksiyonları depolanır; tanımlamada, kişisel kümeler ve çok özel bağıntılar kurulur. Bilgiler, bulanık küme olarak adlandırılan şeye dönüştürülür. “Defuzzyleştirme, bir bulanık küme veya bulanık sayıyı tam sayıya dönüştüren süreçtir”.

Bulunan çözüm alanından tek bir değer elde edilmesi işlemine bulanık önermenin netleştirilmesi denir. Çünkü sonuçta ortaya tek bir yargı çıkmalıdır. Yargılar yapıları gereği tektir. Yani bir yüklemle yüklenirler.

Bulanık önermelerde genellikle üyelik değerinin en yüksek olduğu noktaya karşılık gelen değer, problemin çözümü olan tek değerdir. Bu alandan böyle tek bir değer belirlenmemesi durumunda en yüksek değerlerin ortalaması veya oluşan çözüm alanının ağırlık merkezine karşı gelen nokta çözüm değeri olarak alınır. Bu şekilde fonksiyonun değeri 0 ile 1'den ibaret değil, bunlar arasında herhangi bir değer de olabilir.

Bulanık işlem, çözülecek problemle ilgili bulanık önerme değişkenlerinin ve karar verme kurallarının belirlenmesi ve üyelik fonksiyonunun oluşturulması işlemidir. Mesela, hava sıcaklığının "normal" olması durumunda değişkenin adı "normal" olabilir. Üyelik fonksiyonu ise herhangi bir sıcaklık değerinin "normal olma" üyeliğini gösterir; üyelik değeri 0-1 arasında bir değerdir. 1 tam üyelik durumunu, 0 ise üye olmama durumunu gösterir. 18 derece sıcaklığın "normal olma" üyelik değeri 1 ise, Fuzzyleştirme (bulanıklaştırma ya da f-genelleştirme) Defuzzyleştirme (netleştirme) Tanımlama (bulanık önermeyi isleme) bu normal olma olasılığı % 100'dür demek değildir. Üyelik değerini, "olasılık değeri" olarak görmek gerekir. Üyelik fonksiyonu  $\neg$  ile  $\vee$  arasındaki bütün sıcaklık değerlerinin üyelik katsayılarını bulmak mümkündür.

Bilgisayarlarda kullanılan bulanık mantık dizgesinde bir önermenin bulanık işlemesi, yani işlemin bulanıklaştırılması şöyle olur: -İlk aşamada, belirlenen bulanık önerme, değişkenlerin kuralları kullanılarak problemin çözüm alanı belirlenir. Üyelik fonksiyonlarının üst üste konulması, kurallara göre ortak alanın bulunması işlemidir. Eğer kurallar VE bağlacı ile bağlanmış ise üyelik fonksiyonlarının küçük değeri, VEYA bağlacı ile bağlanmış ise o zaman üyelik fonksiyonlarının büyük değeri alınarak ortak alan oluşturulur. -kinci aşamada, bulanık girişim de denilen davranış tanımlama-belirlemede, dizge girdi değerlerine dayanan dilbilimsel kuralların sayısal temsilleri oluşturulur. Son aşamada, netleştirme veya defuzzyleştirme'da ise, tüm çıktılar birleştirilir ve sayısal bir sembolle gösterilir .

Bazı bulanık isleme durumlarında bulanık kümelerin taşıyıcı özelliklerinden istifade edilir. Bir bulanık kümenin taşıyıcısı da bulanık olmalıdır; bulanıktır da. -ki kümenin elemanları arasında, bulanık ilişkilerin varlığı söz konusudur. Bu bulanık ilişki ancak, bu elemanların kümenin bulanıklaşmasına sebep olması durumunda var olur.

Ayrıca bulanık kümelerin birbirine eşit olması için, kümeye ait elemanların üyelik fonksiyonlarının birbirine eşit olması gerekir. Bulanık kümeleri oluşturan elemanlar, ait oldukları başka bir kümeden çok, bu alt kümenin ait olduğu kümeye ait olması gerekir. Mesela, çok büyük sayılar kümesi, büyük kümesinin alt kümesi olmakla birlikte çok büyük elemanların her biri daha çok büyük bir kümenin elemanıdır. Örneğin, her birimiz kendi ailemize üye olmaktan çok bir millete üyeyiz.

Bir bulanık kümenin hem sınırı hem bileşimi, hem de yapısı belirsizdir, belirlenmemiştir. Yani bu kümeye ait olan elemanları, kümeye ait olmayanlardan dâhil ya da değil gibi kesin bir yargıyla belirlemek mümkün değildir. Bazı elemanları bu kümeye dâhil etmek de mümkündür, etmemek de. Böylece bulanık kümelerin alâmetifarıkası (ayırıcı nitelik, özellik) bütün yönlerden bulanık olmasıdır.

Bulanık mantıksal işlemlerde bir kümenin elemanlarının bu kümeye ait olmalarının da bir sayısal değeri vardır; bu 0 ile 1 arasında herhangi bir değerdir. Bu kümeler bulanık olduklarından kümenin her bir elemanının kümeye aidiyet derecesi farklı bir sayısal değerle gösterilir. Bulanık bir küme, bir kum yığını gibi bir kümedir. Bir kum yığınının oluşabilmesi için ne kadar kum tanesi gerektiği sorulabilir. Öyleyse yığın sözcüğü bulanık bir miktarı ifade eder. Bu miktar bir bulanık küme ile tanımlanabilir. Bulanık kümelerden, kümenin kapsadığı elemanların kesin sınırlarla belirlenmemiş olması kastedilir.

Bulanık mantığın da belli sınırları vardır ve bu sınırlar duruma göre değişir. Onu klasik mantıktan ayıran nokta, bu sınırların daha esnek olmasıdır. “Bu esneklik sayesinde bulanık mantık tatbik edildiği her sahada çok daha hassas sonuçlar doğurmaktadır”. Vermiş olduğumuz bu örnekler gösteriyor ki, ister kuramsal ister uygulamalı olsun "fuzzy-lik/bulanık olma" kesinlikle olumsuz bir durum olarak nitelendirilmemektedir. Bununla birlikte artık bazı gözlemlerin bulanık olması, bu

olayların reddedilemez doğası olarak kabul edilmekte ve matematiksel formüllerle betimlenmektedir. Betimlemelerde ölçme işleminin hassaslığı hala devam etmektedir. Ancak, yapılması gereken, ölçme hatalarını ölçme işleminin dışında gerçekleşen bir şey olarak değil; tersine, ölçme işleminin doğal ve ayrılmaz bir parçası olarak kabul etmektir [16].

## 4.2. BULANIK UYGULAMALAR

Peki, bulanık mantığı kullanmanın ne tür avantajları vardır da onu böylesine önemli yapmıştır? Bu soruda öncelikle sunu söylemek gerekir ki, yapılmak istenen şeyi klasik mantıkla da yapmak mümkündür. Ancak birçok cihaza daha gereksinim olur. Bulanık mantık, insanları gerekli olmayan dakik anlayışlarla iş yapma mecburiyetinden kurtarmıştır. L. Zadeh, bulanık mantığın uygulama alanının sınırlarını belirtmeye çalışırken şunları söylemiştir:

Bulanık mantık dizgesiyle yapılacak küçük ve ucuz cihazlar yardımıyla makineler insan seslerini algılayabilecekler.. Bulanık mantığa dayanan ve sese duyarlı otomatik cihazlara sıradan kelimelere yapmak istedikleri şeyi yaptırabilirler [12].

Bulanık mantık, bir bulanık kontrolcü olarak ilk kez 1970 yılların ortasında, Londra'ki Queen Mary College'de Prof. Ebrahim H. Hamdani tarafından bir buhar makinesinde uygulandı. Ticarî olarak ise ilk defa, 1980 yılında, Danimarka'daki bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmede kullanıldı. Çimentoda kullanılan kimyasal maddeler arzu edilen sıcaklığın üzerinde bir derecede yakılırsa, ortaya çıkan katı madde ufalanamayacak kadar sert olur. Bu sıcaklığın altında bir derecede yakmak ise kaliteyi düşürür. Saatlerce süren bu ayarlama işlemi insan gücünü asan bir durum arz ediyor; 8 saat dikkatini dağıtmadan maddeleri, ısıyı ve fırın içindeki rotasyonu ayarlayan bir mühendisten sonra yerine geçen bir başkası her şeyi mahvedebiliyordu.

Bulanık mantık ile hazırlanan bir dizge, bilgisayar desteğinde, duyarlı alıcılardan, ısı ve maddelere ait bilgileri alır ve geri-besleme mekanizmasıyla değişkenleri kontrol ederek, bu ayarlama işini çok hassas ölçümlerle gerçekleştirir ve önemli oranda enerji tasarrufu temin etmiştir. L. Zadeh, bu kuramın en önemli özelliğinin kontrolçülük olduğunu ifade etmiştir ve demiştir ki:

Bulanık mantık bir kontrolçüdür... 'İnsanların çoğu bunun bulanık mantığın en önemli özelliği olduğunu bilmemektedir. Siz herhangi bir sorgulayıcı tedricilikten

istifade ediyorsunuz ve sizin için büyük miktarda şeyleri birleştiriyor. Bu ise işlemlerin daha kolay, daha ucuz ve daha hızlı yapılmasına imkân veriyor [7].

Dünyanın en gelişmiş metrosu olarak kabul edilen Japonya'daki Sendai metrosunda, yaklaşık 14 km boyunca 16 istasyonda duran tren, o kadar yumuşak hareket etmektedir ki, ayaktaki yolcular sadece hafifçe sallanmaktadır. Vagonların çoğunda, ayakta duran yirmi yolcudan ancak dört-besi bir yere tutunma ihtiyacı hissetmektedir. Bu metroda bir akvaryumu, suyunu hiç dökmeden taşımak mümkündür.

Bu dizgenin temelinde "bulanık mantık" vardır. Ondaki etki-tepki süresi insanlarınkinden üç kat daha kısadır. Ayrıca % 10 yakıt tasarrufu sağlar ve şimdiye kadar hiçbir tehlikeye yol açmamıştır

Japonya'da onlarca firma bu kuramı fotoğraf ve video kameralarında, otomobil, tren ve sanayi işlemlerinin idare edilmesinde uygulamaya başladı. Su anda Umtacı, Mitsubishi, Toshiba, Sony, Orison, Konan, Piko, Aneson, Honda, Neck ve daha başka birçok firma bu kuramın ticari amaçlı uygulamalarıyla ilgilenmektedir. Değişik şirket danışmanlarına göre bu kuramın üretimde uygulanmasının getirileri inanılmazdır.

Bulanık teknolojinin uygulandığı alanlarda görülmemiş değişiklikler gerçekleşmekte, multimilyarlarla kazanç sağlanmaktadır. Quasar ve Panasonic markalarını üreten Matsusita şirketi, bulanık mantığın üretime uygulanmasından sonra 1991-92 yıllarında milyarlarca dolar değerinde mal üretilip sattı. Kuram bu ülkeye ilk girdiği zaman 3 binden fazla bilim adamı bu kuram üzerinde çalışmakla görevlendirilmişti. Çok kısa bir sürede bulanık mantıkla çalışan elektronik cihazların elde edildiğini belirtmeliyiz.

Bulanık mantık, 1980 yılından sonra uygulama sahaları gittikçe genişletmiş, Japonyalardan sonra Almanya, Fransa, Danimarka, Rusya ve Çin gibi ülkeler de bulanık mantık uzmanları yetiştirmeye başlamışlardır . Lider ülke Japonya'dır; Çin onu takip etmektedir. L. Zadeh'nin bildirdiğine göre Çin'de yaklaşık 10 bin bilim adamı bulanık mantıkla ilgilenmektedir. Bu kuramla, yapay zekâ ve akıllı bilgisayarların mantık bilimsel esasları konulmuştur.



Gelecek nesil bilgisayarların bulanık hesabı esaslarını da dahi bilim adamı koymuştur. Zadeh'nin görüşleri Alman "Yapay Zekâ" dergisinde "Yapay Zekâda Yeni Bir Yönelim: Algının Bilgisayar Kuramına doğru" başlığıyla yayınlanmıştır. Bulanık Kümeler Kuramı, bilgisayarların mantık dizgelerini oluşturmaktadır.

Zadeh, dilbilimsel mantık kuramını, yani doğruluk değeri dilbilimsel değişken olan mantık kuramını geliştirmekle yaklaşık/tahmini akıl yürütmenin de kuramını geliştirmiş oldu. Kısaca zihinsel hesaplama, zihinsel düşünme ve hızlı bilgisayar hesaplama yöntemlerinin esaslarını koymuş oldu. Bu ise genel bilgisayar açıklaması yöntemini yaratmıştır. Bununla da tin bilimlerinin ve fen bilimlerinin problemlerinin çözümünde başarı sağlandı [9].

Bulanık mantık dizgesi makineleri daha "zeki" yapmaktadır. Birçok ürünün ve üretim sürecinin mekanik zekâ seviyesini artırmıştır. Aptal bilgisayarlar, aptal oyuncaklar ve aptal makineler yerini bulanık dizgeli süper bilgisayarlara, akıllı oyuncaklara ve zeki makinelere bıraktı. Örneğin "Bu makine çok akıllıdır" sözü özetler oldu bulanık sibernetiği. R. Hampel "Bulanık Kontrol: Kuram ve Uygulama" adlı kitabın önsözünde "bulanık kümeler kuramının uygulamalarının kuram ve uygulamanın ötesinde bazı önemli sorumluları ve çalışma alanlarının simülasyon, bulanık mantıkla bağıntılılık, nöron şebekeleri ve genetik logaritmalar" olduğunu belirtmektedir. Bulanık dizgeler, her tür elektronik dizgede kullanılmaktadır. fotoğraf makineleri, kameralar, televizyonlar, mikro dalga fırınlar, çamaşır makineleri, elektrikli süpürgeler, metro denetimleri ve daha birçok elektronik aygıt cihaz bulanık mantık şebekeli dizgelerle akıllandırıldı.

Örneğin bulanık mantık dizgesine dayanan fotoğraf makineleri, otomatik odaklama yapan klasik makinelerden bile daha net bir görüntü sunmaktadır. Fotokopi makineleri ise bulanık mantıkla çok daha kaliteli kopyalar çıkarmaktadırlar, çünkü odanın sıcaklığı, nemi ve orijinal kâğıttaki karakter yoğunluğuna göre değişen resim kalitesi gibi faktörler hesaplanarak mükemmele yakın hale getirilmektedir.

Bilindiği gibi elde taşınan kameralar, ne kadar dikkat edilirse edilsin net bir görüntü vermez. Bulanık mantık programları bu görüntüleri netleştirmek için söyle bir yöntem kullanır: Eğer görüntüdeki bütün şekiller, aynı anda, bir tarafa doğru

kayıyorsa bu, insan hatasından kaynaklanan bir durumdur; kayma göz önüne alınmadan kayıt yapılır. Bunun dışındaki şekiller ve hareketler ise normal çekim durumunda gerçekleştiği için müdahale edilmez.

Uluslararası Bulanık Dizgeler Derneği, 1987 yılında, Tokyo'da bir konferans düzenledi. Bu konferans ile bulanık mantığa duyulan ilgide ani bir artış gözlenmiştir. Bu konferansta, bulanık mantıkla programlanan bir robot, bir çiçeği ince bir çubuğun üzerinde düşmeyecek şekilde bırakmayı başarmıştır. Bundan daha fazla ilgi çeken gerçek ise, robotun bunu yaptığını gören bir seyircinin mühendise, dizgeden bir devreyi çıkarmasını teklif etmesinden sonra görülmüştür. Mühendis önce, devreyi çıkardığında çiçeğin düşeceği endişesi ile bunu kabul etmemiş, fakat seyircinin çiçeğin ne tarafa doğru düşeceğini görmek istediğini söylemesi üzerine devreyi çıkarmıştır. Robot yine aynı hassaslıkla çiçeği düşürmeden çubuğun üzerine bırakınca hiç kimse şaşkınlığını gizleyememiştir.

Bulanık mantık dizgeleri, yetersiz bilgi temin edilse bile tıpkı insanların yaptığı gibi bir tür "sağduyu" kullanarak, yani mevcut bilgiler yardımıyla sonuca götürücü uslamalı işlemleri gerçekleştirebilmektedir. Benzer şekilde kameralarda kullanılan bulanık mantık dizgeleri ise sarsıntılardan doğan görüntü bozukluklarını asgariye indirmektedir. Japon Omron Grubu, büyük firmalara sağlık hizmeti veren bir dizgeye ait beş tıp veri tabanını, bulanık mantık kurallarıyla kontrol etmektedir. 1985 yılında Masaki Tokai ve Hiroyuki Watanabe tarafından geliştirilen "bulanık cip"ler, yani bulanık mantıkla çalışan "mikro elektronik devreler" saniyede yaklaşık 2 milyon işlem yapabilmektedir. Bu yongalarla/çiplerle donatılan mikroişlemcilerin hemen her sahada çok daha verimli sonuçlar verdiği görülmektedir [13].

Fırtınalı havalarda, denizde mahsur kalan gemicileri kurtarmak için kullanılan helikopterleri kumanda etmek oldukça güç olsa gerektir. Japonya'daki bir araştırma enstitüsü bu helikopterlerin bilgisayarda simülasyonunu yapmış, sonra da maketini yapmıştır. Bulanık mantık programıyla kontrol edilen bu simülasyon ve makette herhangi bir sallantı ve sarsıntı olmamış, insanların kullandığı helikopterlerin aksine çiviyle çakılmış gibi sabit bir şekilde havada kaldığı görülmüştür.

Bulanık mantığın önemli bir uygulama alanı da küresel bilgisayar ağı/internettir. -internette arama sorunuyla ilgili olarak bazı şirketler "yüksek görünürlük" sunan bulanık mantığı kullanmaktadır. Çünkü internet uygulamaları, hareketli geçişlerden daha çok görünürlüğe sahiptir. L. Zadeh'ye göre, fuzzy mantığın internet üzerindeki en önemli araştırma alanı 'tanıma teknolojileri' olacaktır. Artık tanıma biçimleri, özellik tanıma ve el yazısı tanıma vb. teknolojiler internette kullanılmaktadır. Bulanık mantık ve bulanık kümeler kuramıyla birlikte sibernetikteki tüm yerleşik tasavvurlar kökten değişti. Bulanık kuram uzay araçlarında, dünyanın ve evrenin anlaşılmasında, değişken cisimlerin araştırılmasında önemli rol oynamaya başladı.

Ayrıca çağdaş sanayinin bütün sahalarında, akıllı robotlarında, elektron teknolojisinde ve savaş teknolojisinde uygulanmaya başlandı. Bu türden teknolojik uygulamalar, bulanık mantığa karşı olumsuz önyargıyı yıktı. "Bulanık mantık kuramının bir meyvesi olan 5. ve 6. nesil süper bilgisayar yongalarının yapılması, şüpheci yaklaşımları ortadan kaldırdı . Bilimsel bir kuramın hem kendine güvenini kazanması hem de olumsuz eleştirileri yanıtlaması, kuramın kendini kabul ettirmesinde önemlidir. Bilim kuramcısı Thomas Kuhn, bir kuramın kabul edilip değerler dizisi haline gelinceye kadar bazı sıkıntıları olacağını tespit etmiş ve söyle demişti:

Yeni bir tür olgunun benimsenmesi, kuramda basit bir ilaveden öte bazı uygulamalar gerektirir ve bu uygulamalar tamamlanıncaya kadar –yani bilim adamı doğayı farklı tarzda görmeyi öğrenene kadar- yeni olgu tamamıyla bilimsel bir olgu sayılmaz .

### 4.3. BULANIK MANTIK UYGULAMA ÖRNEKLERİ

#### 4.3.1 Taşıt Süspansiyonlarında Bulanık Mantık

İyi bir şekilde dizayn edilmiş taşıt süspansiyonlarının, yol bozukluklarından meydana gelen titreşimleri ve şokları taşıt gövdesinden ve yolculardan izole etmesi ve yüksek bir taşıt güvenliği ve kullanma performansı sağlaması için yol yüzeyi ile tekerlek arasındaki bağlantının devamını sağlaması gerekir.

Bu örnekte, taşıt süspansiyonun yukarıda belirtilen temel görevlerini en iyi şekilde yerine getirebilmesi için kontrolcü kazancını modelden bağımsız, sistem performansına bağlı kural tabanı ile değiştirip geliştirerek kendini ayarlayabilen bulanık mantık kontrolcü ile yeni bir aktif taşıt süspansiyon sistemi geliştirilmiştir. Simülasyon çalışmalarıyla, farklı yol profillerinde yolculuk edilmesi durumlarındaki gövde sıçraması, kontrol girişleri, kontrol işlemi için harcanan güç, taşıtın gövde yer değişimleri ve ivmesinin cevapları elde edilerek sonuçlar pasif süspansiyon ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda ise sürüş konforunu da dikkate alan taşıt süspansiyon sistemi için önerilen yeni kontrolcünün performansı ve sistem cevabındaki gelişme gösterilmiştir.

Modern taşıt süspansiyon sistemlerinin iki temel görevi vardır. Bunlardan birincisi, yol bozukluklarından meydana gelen titreşimleri ve şokları taşıt gövdesinden ve yolculardan izole etmektir. İkincisi ise, yüksek bir taşıt güvenliği ve kullanma performansı sağlaması için yoldur [14].

Klasik kontrol yöntemleri lineer karakteristiğe sahip olmalarından dolayı bu kontrolcülerden iyi bir performans elde edebilme sadece özel bir çalışma aralığında kısıtlı kalmaya bağlıdır. Taşıt süspansiyon sistemleri oldukça yüksek non-lineer karakteristiklere sahiptir. Dolayısıyla klasik yöntemlerle kontrol gerçekleştirmek çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, hem sürüş kalitesini hem de kullanım performansını iyileştirmek için bir çok farklı aktif süspansiyon metodu geliştirilmiştir. Bunlardan yarı-aktif olarak adlandırılanlar normal şartlarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadırlar. Buna ilaveten, Roh ve Park yaptıkları çalışmada,

önceden sezme kabiliyetine sahip aktif ve yarı-aktif süspansiyonların performanslarını değerlendirmişlerdir.

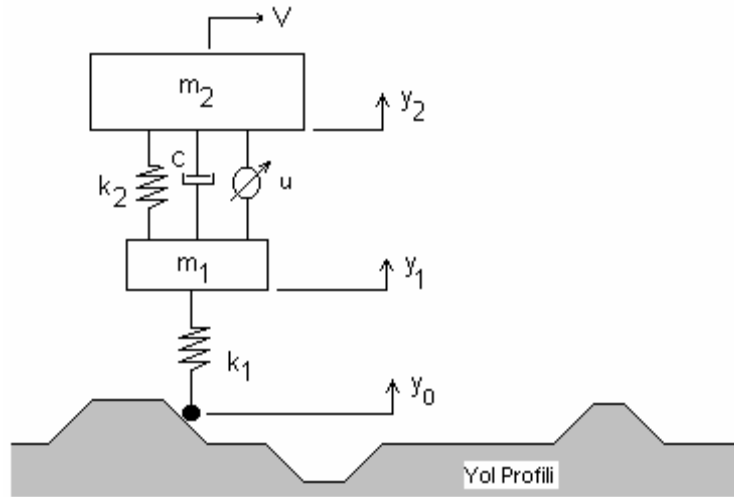
Aktif süspansiyon sistemlerinin kontrol stratejilerinin çoğu optimal kontrole dayanmaktadır. Kontrol edilen süspansiyon sistemlerindeki parametrik belirsizlikler yıllarca uygulamada karşılaşılan zorluklarının temelini oluşturmuştur. Gürbüz kontrol, model referanslı adaptif kontrol ve non-lineer adaptif kontrol gibi farklı yöntemlerle bu problem çözülmeye çalışılmıştır. Yine de aktif kontrol nadiren kullanılmaktadır. Bunun nedeni ilave maliyetler, aktif süspansiyonun karmaşıklığı ve enerji tüketimidir. Aktif süspansiyon tasarımında yapay zeka ve bulanık mantık ile ilgili uygulamalar günümüzde giderek artmaktadır. Çünkü bu yöntemlerin parametrik belirsizliğe duyarsız, kontrolcülerin performanslarını öğrenebilme, iyileştirme kabiliyetleri ve uygulanabilir olmalarından dolayı tercih edilmektedirler. Bulanık mantık tabanlı kontrolcüler, modeli oluşturulamayan veya kurulması çok karmaşık olan veya çalışma bölgesinde oldukça yüksek non-lineerliğe sahip olan ve özellikle hassaslık gerektiren endüstri uygulamaları için uygun bir seçimdir. Bulanık mantık kontrolcüler (BMK) non-lineerdir; bu nedenle bir çok sayıdaki non-lineer sürecin üstesinden gelmek için tasarlanırlar [14].

BMK yaklaşımıyla aktif taşıt süspansiyon uygulamalarına son yıllarda yapılan şu çalışmalar örnek olarak verilebilir. Kashani ve Strelow arazi taşıtlarının engebeli arazide hızlarını ayarlamak ve geliştirmek amacıyla aktif ve yarı aktif süspansiyon sistemini BMK yöntemiyle incelemişlerdir. Yoshimura, vd, bir yolcu aracında yolcuların konforu dikkate alarak dikey ivmelenmeyi minimize etmek için sisteme lineer ve BMK uygulamışlardır. Golob yeni bir ayrıştırılmış PID BMK dizayn etmiş ve bunu magnetik süspansiyon sistemine uygulayarak BMK'ler ile kıyaslama yapmıştır. D'Amato ve Viassolo özellikle taşıt süspansiyon elemanlarının ömrünü artırmak ve gövdenin dikey ivmelenmesini azaltmak için yeni bir BMK dizayn yöntemini önermişlerdir. Fakat, taşıt süspansiyon sistemlerinde olduğu gibi kontrolcü büyük bir çalışma aralığında değişen hızlarda ve yol profillerinde non-lineerliği düzeltmeye zorlunu ise, tasarım zorlaşarak karmaşık bir hal alır. Busebeple kendini ayarlayabilen bulanık mantık kontrolcülere (KABMK) ihtiyaç vardır. Rao ve Prahlad, BMK üyelik fonksiyonlarını süspansiyon sistemin performansına göre

değiştirebilen yeni bir KABMK önermişlerdir. Xiao Peng, vd, KABMK'nün kural tabanını, taşıtlarda sürüş konforunu artırmak için bir DNA kodlu genetik algoritma kullanarak optimize etmişlerdir. Bu örnekteki amaç ise taşıt süspansiyonun başlangıçta belirtilen temel görevlerini eniyi şekilde yerine getirebilmesi için kontrolcü kazancını modelden bağımsız, sistem performansına bağlı kural tabanı ile değiştirip geliştiren bir KABMK ile diğer çalışmalardan daha basit yeni bir aktif taşıt süspansiyon sistemi geliştirmektir.

#### 4.3.2. Taşıt Modeli

Bu örnekte, Şekil'de gösterilen iki serbestlik derecesine sahip çeyrek taşıt modeli dikkate alınmıştır. Bu model, taşıt gövdesi ile tekerleği arasında paralel olarak yerleştirilen ve kontrol kuvvetini oluşturan bir kontrolcüyü kullanmaktadır.



Modelde,  $m_2$  gövde kütlelerini,  $k_2$  süspansiyon yay sabitini,  $c$  damper katsayısını temsil etmektedir.  $u$  taşıt gövdesi ile tekerlek arasındaki kontrol kuvvetidir ve  $m_1$  tekerlek kütlelerini zıt yönde hareket ettirmek için zorlamaktadır.  $k_1$  tekerleğin yay sabiti,  $y_0$  tekerleğin yol yüzeyine bağlı hareketidir. Taşıt  $V$  hızında seyir halindedir.

#### 4.3.3. Kendini Ayarlayabilen Bulanık Mantık Yapısı

Taşıt süspansiyon sistemine uygulanan, Şekil'de işleyiş yapısı gösterilen KABMK yapısı Müdive Pal tarafından geliştirilmiştir. Onların bu dizayn yapısını oluşturmadaki temel düşünceleri, tecrübeli ve kabiliyetli bir insan operatörünün bir prosesi optimal olarak kontrol etmek için belirlediği yol doğrultusunda, prosenin

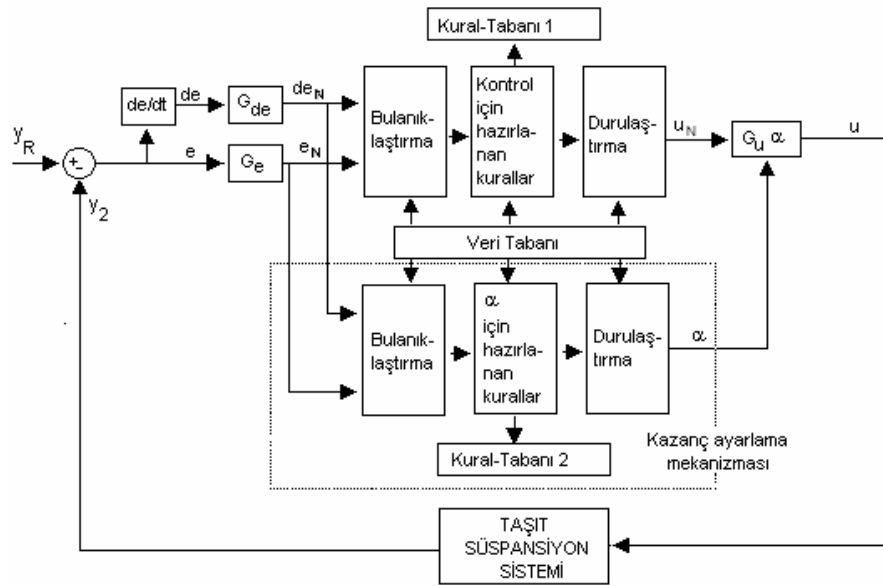
anlık durumuna bağlı olarak kontrolcü kazancını ayarlama yoluyla kontrolcü çıkışını proses hedefine ulaştırmadaki davranışını taklit etmektir.

Taşıt süspansiyon sistemi için BMK' nün yapısı, taşıt gövde hareketindeki değişimi ( $e=y_2-y_R$ ) ve bu değişimin türevini ( $de=y_R/dt-y_2/dt$ ) giriş değişkenleri olarak kullanırken kontrol kuvveti  $u$ 'yu çıkış değişkeni olarak kullanır. Bu yapıda kontrolcünün kazancı, çıkış ölçeklendirme katsayısı (ÖK) ile kontrol edilmekte olan süspansiyon sistemin hareketine göre sürekli olarak ayarlanmaktadır.

BMK performansı giriş ve çıkış ÖK'larının her ikisine de bağlı olsa da burada iyi bir performans elde edebilmek için girişin ÖK'ları sabit tutularak çıkışın ÖK'larında ayarlamayı yapılabilir. KABMK kazancı, klasik BMK' nün çıkış kazancının  $\alpha$  gibi bir kazanç yenileme katsayısı ile her örnekleme periyodunda çarpılarak elde edilir.

Kazanç yenileme katsayısı  $\alpha$  ise, kontrol edilmekte olan süspansiyon sistemin hareketine göre aynı gövde hareketindeki değişim ve bu değişimin türevini kullanarak oluşturulan bir kural tabanı ile hesaplanmaktadır. KABMK için çıkış ÖK'nı ayarlama süreci Şekil 2.'de kazanç ayarlama mekanizması olarak kesikli çizgiler içinde gösterilmektedir. Burada iki tane bulanıklaştırma birimi anlaşılmayı kolaylaştırmak kullanılmaktadır.

Gerçekte sadece bir tane bulanıklaştırma birimi vardır ve  $e$  ile  $d$ 'yi bulanıklaştırır. Ayrıca bulanıklaştırma ve durulaştırma metodu olarak sırasıyla yine çok kabul gören ve yaygın olarak kullanılan Mamdani ve ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır.



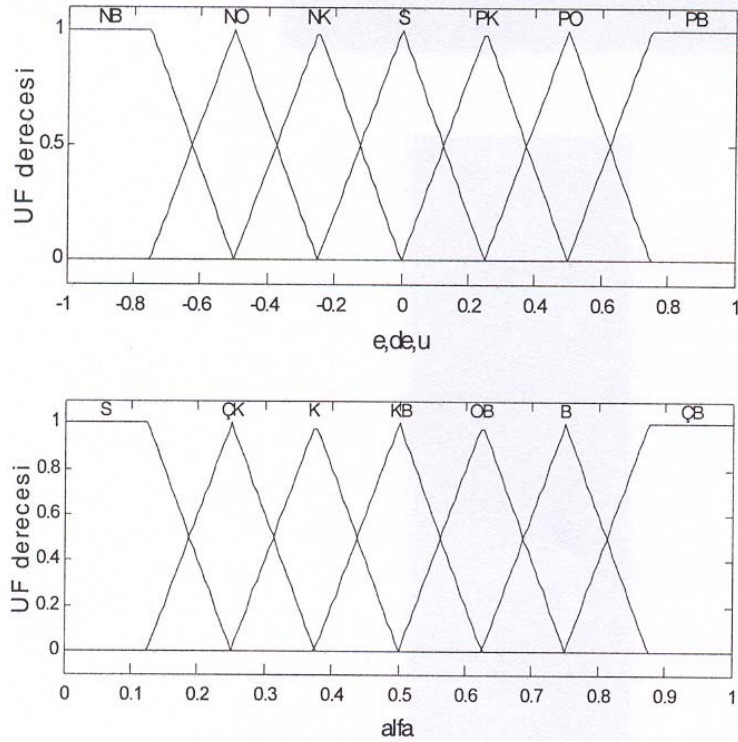
#### 4.3.3.1. Üyelik fonksiyonları

BMK' nün giriş değişkenleri  $e$ ,  $de$ 'yi ve çıkış değişkeni  $u$ 'yu bulanıklaştırmak için tanımlanan üyelik fonksiyonları (ÜF)  $[-1 \ 1]$  ortak aralığında tanımlanmaktadır.  $[0 \ 1]$  aralığında tanımlanan üyelik fonksiyonları  $\alpha$ 'yı hesaplamak için kullanılmaktadır. ÜF olarak sınır değerleri hariç simetrik üçgen ÜF'ları kullanılmaktadır. Komşu ÜF'ları arasında % 50'lik bir çakışma vardır. Bu tür ÜF'ları en genel olan ve en yaygın olarak kullanılanlarıdır.

#### 4.3.3.2. Ölçeklendirme katsayıları

BMK' nün  $[-1 \ 1]$  aralığında tanımlanan giriş değerleri  $e_N$ ,  $de_N$  ve çıkışı  $u_N$  için ÜF'ları ölçeklendirilmektedir. Giriş ve çıkış ÖK'larının ayarlanması işleminin optimal performansa ulaşmasında oldukça önemli bir rolü vardır.  $e$ ,  $de$ 'nin gerçek değerleri,  $G_e$  ve  $G_{de}$  ÖK'ları ile  $[-11]$  aralığına taşınır. Çıkışın ÖK  $G_u$  ise klasik BMK' nün ölçeklendirilmiş çıkış değeri  $u_N$ 'yi gerçek değer aralığına taşır. Klasik BMK'de çıkışın ÖK  $G_u$  iken KABMK'de bu değer  $G_u \cdot \alpha$  olur.  $G_e$ ,  $G_{de}$  ve  $G_u$  değerlerinin belirlenmesi kontrol edilmekte olan süspansiyon sistem bilgisine bağlı olarak yapılabileceği gibi deneme yanılma yöntemi ile de yapılabilir. Burada amaç,  $e$  ve  $de$ 'ye bağlı olarak modelden bağımsız, performansa bağlı kural tabanı ile  $\alpha$  kazanç yenileme katsayısını hesaplamaktır. KABMK'nün giriş ve çıkış değişkenleri ile ÖK'ları arasındaki ilişkiler aşağıda tanımlanmaktadır.





#### 4.3.3.3. Kural tabanlarının oluşturulması

Bulanık mantık kural tabanı bulanık bir kontrolcüde kontrol stratejisi açısından oldukça önemli etkiye sahiptir.

Modern bir aktif süspansiyon sisteminin sürüş konforu, süspansiyon hareketi ve kullanım performansı gibi en az üç tane temel amaç fonksiyonu olacağından dolayı tasarlanan kural tabanı bu bahsedilen amaçların her birini ayarlayabilmelidir. Bir BMK için kontrolör çıkışı  $u$ ; "EĞER  $e = NK$  ve  $de = PK$  İSE  $u = S$ " kural yapısı ile hesaplanır.  $u$ 'yu hesaplamak için Yoshimura ve çalışma arkadaşlarının geliştirmiş olduğu kural tabanı kullanılmıştır ve kural tabanı Tablo 1.a)'da gösterilmektedir.

Kazanç yenileme katsayısı  $\alpha$  ise "EĞER  $e = E$  ve  $de = dE$  İSE  $\alpha = \alpha$ " kuralları ile hesaplanır.  $\alpha$ 'yı hesaplamak için gerekli kural tabanı başarılması istenilen sistem çıkışına bağlı olarak ayarlanır.

#### 4.3.3.4. Kendini ayarlama mekanizması

Kendini ayarlayan kontrolörün kazancı, kontrolör faaliyettenken sabit kalmaz ve kazanç yenileme katsayısı  $\alpha$  ile yenilenir. Bu sürekli kazanç değişiminin amacı,

kontrolörün cevabını değişen koşullara rağmen istenilen özelliklere getirmektir. Bu durumda hazırlanan kontrolör basit bir adaptif geri beslemeli kontrolördür.

Bu örnekte sonuç olarak; taşıt süspansiyon sistemi için KABMK entegre edilmiş ve simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Süspansiyon sistemine önerilen bu kontrolcünün en önemli özelliği modelden bağımsız performansa bağlı olması, süspansiyon sistemine uyumluluğu ve gelişen teknoloji ile uygulanabilir olmasıdır. Bunlara ilaveten KABMK, sürekli olarak yük ve yol şartlarındaki değişime maruz kalan taşıt dinamiğini kontrol etmektedir. Bu çalışmanın sonucundan önerilen aktif süspansiyon tasarımının pasif sistemlere göre daha iyi sonuç verdiği ve parametre değişimlerine karşı neredeyse etkilenmediği görülmektedir.

Sonuç:

Sözcüklerin taşıdığı anlamlar, kullanıldığı bağlama görelidir. Felsefi, hatta bilimsel kavramlar, dönemden döneme çağdan çağa büyük değişikliklere uğrarlar. Mantık kavramı da benzer değişimlere uğramıştır. “Nasıl olur? düşünme kurallarımız mı değişiyor?” diyemeyiz; her şey değişir. Değişmeyen değişim olduğunu ileri sürmüştü Heraklitos. düşünmenin normları da değişebilir. Bilimlere temel teşkil eden mantık disiplini, bulanık mantık kuramıyla sınırlı değerlerle dünyayı betimlemenin bir aracı olmaktan kurtuldu. "doğru" ve "yanlış", mantığın sınırlı-sorumlu iki kavramı olmaktan çıktı. Zadeh'nin 1965 yılında bilim çevrelerine sunduğu “Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler Kuramı”, tadı tuzu olmayan mantık çalışmalarına yeni bir heyecan ve hareketlilik getirdi. Sembolik mantıkta günlük dilin, önermelere dönüştürülürken sadeleştirildiğini, sözcüklerin yerini işaretlere bıraktığını; bununla birlikte bir olgunun sembolleştirilmesiyle, günlük dilde sık rastlanan anlam belirsizliğinin ve çok anlamlılığın ortadan kaldırıldığını bildirmiştik. Bunun anlamı sudur: “Daha isin basında, klasik mantığa benzer şekilde, günlük olay ve olguları temsil eden kavramlardaki belirsizlik ve bulanıklık durulaştırılır ve kesinlik ifade eder hale getirilir”. Bu kullanışlı olduğu kadar nesnesinden uzaklaşan bir düşünme etkinliğidir. Nesnelere ve dilin kendisindeki belirsizlik adeta tıraşlanarak yok edilmektedir ve gerçeklikten uzaklaştırılmaktadır. Biliyoruz ki, gerçeği dile getiren düşünce de, düşüncenin dayandığı mantıksal ilkeler de, tıpkı onu temsil eden dil ve kavramlar gibi, bulanık olmalıdır. Halbuki “klasik ve sembolik soyutlamalar mantığı

idealleştirmiştir”. Bu idealleştirme ise kesinlik askına doğruluktan ve uygunluktan uzaklaşmaya neden olmuştur. Bilgi artık nesnesiyle tam örtüşen bir yargı değildir; çünkü bilginin iskeletini oluşturan mantıksal ilkeler buna izin vermemektedir. Gerçeğin değil, mantıksal uygunluğun bilgisidir bu bilgi artık. Özne ile nesne arasındaki uçurum da buradan beslenir. Hâlbuki insan nerde baslar nerde biter, bunu kestirmek güçtür. Bu güçlük hem bedeninin sınırı hem de surun sınırı ile ilgilidir ve sınırlar ise tekillikleri oluştururlar; evreni de tekilliklerden kurarız. Hâlbuki evrenin bir ve bütün olduğunu bilmekteyiz. Bulanık düşünce, tekillikleri varlıkbilimsel değil, bilgi-bilimsel düzlemde kabul eder; bu yüzden düşünce görelidir, bir tanım kümesine uygunluk derecelenmesidir. Bu ise varlığı olduğu gibi kabul etmeye imkân sunarken, baskıyı ve sınıflandırmayı, uygun nesne bilgisinde uzaklaştırır. Bulanık mantık bir teknoloji mantığıdır, sibernetik devinim mantığıdır; insan zekâsını anlamada yeni tasarımlar oluşturmaya imkân veren bir mantıktır. Bulanık mantık bu haliyle, sibernetik ve elektronik dizgelerin mantığıdır. Tam bir bulanık dizge, bir bulanık girişim motoru içerir. Bulanık girişim, tanımlanmış bulanık kümelere dayanır ve bulanık iliksiler kurmaya yardım eder. -insanın kendisi ve çevresiyle olan tüm ilişkilerinin bulanık olduğunu ruhbilimden biliyoruz. Bu, insan davranışlarının öncesinin ve neticesinin kesin hatlarla belirlenemiyor oluşu, karar vermede ihtimallerin etkisini gösterdiği anlamına gelir. “Bulanık kümeler kuramı, muğlâklık ve/veya eldeki problemin özel unsurlarıyla ilgili bir eksiklikten kaynaklanan belirsizlikler için harika bir araçtır”. yüzyıl ortalarında geliştirilmiş olan bu kuramlar bilimde birer vaka haline gelmiştir. Bu kuramlar karşıtlıklarla dolu dünyamızın karmaşık problemlerini çözmek için geliştirilmiştir; özellikle kozmik ve elektronik dizgelerde başarısı kıyaslanamaz. Bu erişim ise entelektüel teknoloji alanında bir devrime sebep olmuştur. Pilav pişirme aletlerinden asansörlere, arabaların motor ve süspansiyon dizgelerinden nükleer reaktörlerdeki soğutma ünitelerine, klimalardan elektrikli süpürgelere kadar bulanık mantık birçok sahada uygulanmaktadır. Bu uygulamalar enerji tasarrufunun yanı sıra, bu mantıkla donatılan dizgelerin insanlardan daha hassas olması, bazı tehlikeli durumlarda akıllı bulanık dizgeli makinelerin kullanılması gerekliliğini haber vermiş ve tehlikeli veya imkânsız olan durumların simülasyonunu yapmayı mümkün kılmıştır [14].

Zadeh'in kuramlarını 21. yüzyıl balgamında değerlendirmek gerekir. Çünkü bu kuramlar 21. Yüzyıl için daha önemli ve daha gereklidir. Bugün Zadeh yalnızca bir matematikçi ve sibernetikçi olarak değil, paradigma yaratmış biri olarak kabul edilmektedir. Dünyanın önde gelen bütün üniversitelerinde sibernetik, bu kuramlar esasına göre öğrenilmektedir. Bilimsel araştırma Merkezleri, NASA da dâhil, sibernetiği bu kuramlar ışığında araştırmakta ve uygulamaktadır. Onun kuramları sanayiye, bilime ve tekniğe, çağdaş teknolojiye geniş etki yapmıştır. L. Zadeh, çağdaş matematiksel istatistiğin, sinyallerin en uygun/optimal süzgeçlerini, matematiksel dilbilimsel ve karmaşık dizgelerin kuramlarını geliştirmekle bilimi bir hayli geliştirmiştir. O, ilk defa karar verme süreçlerinin kesin kuramlarını geliştirmiş, çağdaş matematiğin ve sibernetiğin esasını koyanlardan biri olarak tanınmıştır. Bütün bunlarla birlikte L. Zadeh alçak gönüllülükle itiraf ederek söyle demektedir:

Şüphesiz ki, bulanık mantık kuramı geleneksel mantık kuramından daha çok önemsenmektedir. Ancak bu kuram, bütün hastalıklara derman bir ilaç değildir.

Zadeh, bulanık mantık kuramının sosyal bilimler, ekonomi, ruhbilim, dilbilim, siyaset, sosyoloji ve felsefe, hatta din bilim gibi bir çok alanda kullanılabileceğini ileri sürmüştü. Kuram bugün, insan yeteneklerini taklit etmede, bilişsel ruhbilimde, düşünce-davranış modellerinde, risk almada, planlama optimizasyonu ve sigorta dizgeleri gibi bir çok alanda kullanılmaktadır.

#### 4.4. TORNA MAKİNESİ

Bu örnekte, tormalama işlemlerinde takım aşınması esas alınarak ekonomik takım kullanımı için bulanık mantık programlama yöntemi kullanılarak genel bir fuzzy model kurulmuştur. Kesilecek malzemenin sertliğine kullanılan kesici takımın cinsine göre ekonomik takım aşınması için en uygun kesme hızı, ilerleme oranı ve talaş derinliklerini belirleyebilen bulanık mantık çözüm modeli oluşturulmuştur. Bulanık mantık mantığı kullanılarak oluşturulan modelde giriş parametreleri ve çıkış parametrelerinin üyelik fonksiyonları, üyelik fonksiyon ayak genişlikleri ve üyelik fonksiyonlarının aralarındaki iliskiler kullanılarak oluşturulan kural tabanında bu zamana kadar yapılan deneysel çalışmalardan ve uzman görüşlerden yararlanılmıştır.

Globalleşen dünya ticaret ve üretim anlayışına bağlı olarak talaşlı üretimde de belli bir standardizasyon, müşteri odaklı kalite ve maliyet önemli hale gelmiştir. Üretim sürecini etkileyen bu etkenlerin üretimin başlangıç şartlarından itibaren tüm üretim sürecinde aynı nitelik ve nicelikte olması hedeflenir. Üretim sürecinde aynı kalitede (standart) ürün üretebilmek için imalatın es zamanlı denetlenmesi gerekir. Tormalama işlemlerinde etkili olan parametrelerin üretimde beklenen standardı bozmaması iyi denetlenebilmesine bağlıdır. Üretimde standardı bozan en önemli ve etkilifaktörlerden birisi takım aşınmasıdır. Takım aşındıkça işleme kalitesi bozulur. Ayrıca, takım aşınması arttıkça parçaların işleme maliyetleri de artar. Etkili bir üretimde kalite, verimlilik ve ekonomikliği beraber düşünmek gerekmektedir. Üretim stratejileri belirlenirken bunların hepsini kapsayan hedef fonksiyonlar belirlenmelidir. Kaliteli ve ekonomik üretimde anahtar rol oynayan takım aşınması ise iş parçası-takım malzemesi ilişkisinden ve kesme parametrelerinden etkilenir. Kesici takım seçimi ve kullanılan takımlardan verimli faydalanmada önemli rol oynayan kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği gibi işleme parametrelerinin toplam üretim maliyetinde de büyük etkileri vardır. Çünkü uygun belirlenmeyen kesme parametreleri takım aşındırarak, takım aşındıkça kalite bozulacak, sistemden çekilen enerji maliyeti artacak ve aşınmadan kaynaklanan takım değişimi birim maliyeti arttıracaktır.

CNC tornalama işlemlerinde kesme parametreleri ekonomik takım kullanımı hedef fonksiyonunagore seçilirken toplam işleme maliyeti dikkate alınmalıdır. Kesici takım verimli kesme şartları içinne kadar uzun omurlu olursa o kadar ekonomiktir denemez. Çünkü takım aşınmasının minimum olması amacıyla kesme şartlarının gereğinden daha düşük tutulması işleme maliyetinin artmasına sebep olacaktır. Kesme parametreleri üzerinde bu zamana kadar yapılan çalışmaların büyük bir kısmı bu amacı iyileştirmeye yöneliktir [13].

Kesme parametrelerinin deneysel çalışmalarla belirlenmesinde iş parçası ve kesici takım malzemesi türlerinin çok farklı olması yapılacak deneysel çalışmaların sayısını arttırmaktadır. Budurum, deneysel çalışmalar için maliyet artışı ve teknik zorlukları getirmektedir. Deneysel çalışmalarındaki ideal şartların her örnekte korunması da pek mümkün olmamaktadır. İş parçası ve kesici takım özellikleri ile birlikte kesme parametreleri olan kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği, çalışma sıcaklığı gibi etkenler takım aşınma miktarını belirleyen ideal şartları oluşturmaktadır. Yapılacak deneysel çalışmanın amacına göre parametrelerin çokluğu ve non-lineer olmasından dolayı deney şartlarını koruyarak çok sayıda çalışma yapmak oldukça zorlaşmaktadır. Bulanık mantık kullanılarak oluşturulan çözüm modelinde her parametrenin diğerleri ile aralarındaki ilişkiler ve hedef fonksiyona olan etkileri görülebilmektedir. Son yıllarda birçok alanda olduğu gibi talaşlı imalatta özellikle kesme parametrelerinin optimizasyon çalışmalarında da yapay zeka yöntemlerinden olan Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık ve Genetik Algoritma kullanılmaktadır. Bulanık mantık bu yöntemler arasından parametre denetimi için en çok kullanılanıdır. Talaşlı imalat işleminde, çeşitli kesme şartları altında kesme parametrelerinin kesici takım ve iş parçası üzerindeki etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Örneğin, Du, Elbestawi ve Li tornalama işleminde takımın kırılması, aşınması ve talasolusumunu bulanık mantık kullanarak izlemişlerdir. Bir güç sensörü, bir kuvvet sensörü ve titreşim sensorunu içeren çoklu sensor sistemi kullanılarak yapılan deneyler sonunda uygulanan metod % 90 doğruluk göstermiştir. Diğer örnekte ise, Ko ve Cho, frezeleme işleminde son talaş kaldırma esnasında geometrik doğruluk ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen, kesici takımın kesme kösesinde oluşan yanıl asınma uzunluğunu incelemişlerdir. Bulanık mantık yöntemiyle kurallar yazılarak çeşitli kesme koşullarında testler uygulanarak frezelemede yanıl aşınma uzunluğunu

%12 hatayla tahmin etmişlerdir. Bulanık-Sinir ağ modelini kullanarak Chungchoo ve Saini CNC tornalama işleminde takım aşınmasının tahminini yapmışlardır. Bunun için takım aşınması sınıflanması bulanık mantık ile yapılarak girdiler normalize edilmiş, en az karesel hataya göre ağ kurulmuş yanal ve krater aşınmayuksek doğrulukla tahmin edilmiştir.

Wong ve arkadaşları tarafından yapılan diğer bir örnekte talaşlı imalat kesme parametreleri seçimi için genel bulanık model kurulmuştur. Farklı kesme takımları için birkaç bulanık model oluşturularak karşılaştırılmıştır. sonuçlar göstermiştir ki kabul edilen model %6 ortalama hata ile oluşturulmuştur.

Bu örnekte, CNC tornalama işlemlerinde, ekonomik işleme için en uygun takım aşınmasını oluşturacak kesme şartlarını belirleyebilecek genel amaçlı bulanık mantık modeli kurulmuştur. Bu modelde hedef fonksiyon olan minimum takım aşınmasını etkileyen parametreler olarak iş parçası malzemesi sertliği, kesici takım malzemesi sertliği, kesme hızı, ilerleme oranı, talaş derinliği ve çalışma sıcaklığı alınmıştır [13].

#### 4.4.1. Takım Aşınma Mekanizması

Takım aşınması mekanik ve kimyasal nedenlerle, kesici takımın kesici kösesinden küçük parçaların koparak ayrılmasıyla oluşmaktadır. Kesici takım geometrisi bozulmuş, üretilen parçada istenilen yüzey kalitesi sağlanamıyor ve yeni takıma göre kullanılan gerekli kesme gücü artıyorsa kesici takım aşınmış olarak nitelendirilir.

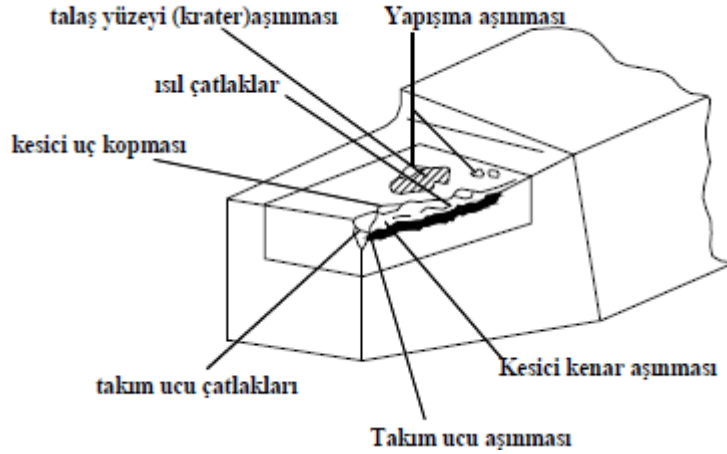
Takım aşınmasının gerçek nedenini ve her nedenin etkisini % olarak hesaplamak oldukça zordur. Aşınma, kesici takımın malzeme sertliğine bağlı olarak iş parçası malzemesi sertliğine, kesme parametrelerine (kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği) ve kesicinin çalışma sıcaklığına bağlıdır. Tahmini olarak aşınmayı, %50 sürtünme (abrazyon) aşınması, %20 yapışma (adhezyon) aşınması, %10 kimyasal aşınma ve %20 diğer aşınmalar (difüzyon, plastik deformasyon) oluşturmaktadır. En büyük aşınma miktarını oluşturan sürtünme aşınması, talaş altındaki sert parçacıkların takım yüzeyi ve iş parçası arasında "taslama" ya da neden olarak kesicide oluşturduğu aşınma ya da iki yumuşak yüzey arasında sert parçacıkların girmesiyle oluşan aşınmadır. Sürtünme aşınmasının olduğu kesiciden daha sert kesici takım kullanılarak sürtünme aşınması azaltılabilir. Talaş kaldırma sürecinde yapışma

aşınmasını, kesici takım ve is parçasının temas noktalarında oluşan çok yüksek basınçlar ile metallerin akma sınırına gelmesi ve temas bölgelerinde mikrokaynaklar yaparak kesicinin hareketi nedeniyle kırılması oluşturur.

Yayınma (difüzyon) aşınması, takım malzemesiyle islenecek malzemenin kimyasal etkileşimi sonucu ortaya çıkan bir aşınma tipidir. Kesici takımların kullanıldığı belirli kesme şartları ve malzeme sertlikleri mevcut olup islenebilirliği düşük malzemeler islendiğinde kesici takım basma gerilimi altında kalarak bir diğer aşınma mekanizması olan plastik deformasyonu meydana getirir. Talas yüzeyi (krater) aşınması ise takım ucu talaş yüzeyi ile takım üzerine temas eden talaşın arasında kimyasal bir etkileşim ile meydana gelerek takım malzemesinden parçaların kopmasıyla oluşur.

Aşınma mekanizmasının oluşumuna etki eden is parçası, kesici takım malzemesi ve diğer kesme parametrelerinin aşınma mekanizmasını oluşturma davranışları şöyledir; talaşlı imalatta kullanılan kesici takım ile kendinden daha sert malzemenin yüksek kesme hızında islenmesiyle sürtünme aşınması mekanizması, kesici takım ve is parçasının sert olup, temas eden yüzeylerin pürüzlülüğü, talaş derinliği ve kesme hızının yüksek olması durumunda iki yüzey arasında oluşacak yüksek basınç ile yapışma aşınması mekanizması, temas eden yüzeylerin kimyasal özelliklerinin oluşan sıcaklıkla birlikte birbirini aşındırması ile de difüzyon aşınma mekanizması oluşmaktadır. Kesici takımda oluşabilecek olan çeşitli aşınma tipleri olan kesici kenar aşınması, talaş yüzeyi (krater) aşınması, takım ucu aşınması ve kesici uc kopması, takım ucu çatlakları ve ısıl çatlaklar aşağıda Şekil’de gösterilmiştir



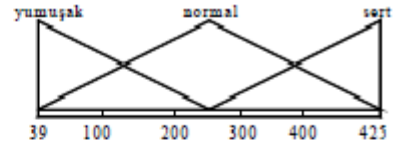


#### 4.4.2. Kesme Parametrelerinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi

Bulanık mantık yöntemi ile çözümlenecek olan problemin modellenmesinde problemi etkileyen parametrelerin ve hedef fonksiyonun tam olarak belirlenmesi gerekmektedir. Modellenen probleme etki eden faktörler giriş parametreleri, hedef fonksiyonu oluşturan parametreler ise çıkış parametreleri olarak adlandırılır. Giriş ve çıkış parametrelerinin modellenecek problem üzerindeki etkinliklerine göre tüm parametrelerinin üyelik fonksiyon sayıları, isimleri, alt ve üst limit ayak genişlikleri belirlenir. Örneğin, giriş parametrelerinden biri olan kesme hızı için alt limit değeri 30 m/dak, üst limit değeri 700 m/dak, üyelik fonksiyonları yavaş, normal, hızlı olarak tanımlanmıştır. Bulanık mantık ile kesici takım aşınma parametrelerinin çözüm modeli oluşturulurken parametrelerin alt ve üst limitleri daha önce yapılmış olan deneysel çalışmalara, uzman görüşüne ve problemin amacına uygun olarak belirlenmiştir. Kesilecek malzeme sertliği, kesici takım sertliği, kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği ve çalışma sıcaklığı giriş parametreleri olarak belirlenerek her bir parametrenin üyelik fonksiyonları, alt ve üst limit değerleri Şekil 3’de, tornalama işlemleri sonucu oluşacak olan takım aşınması miktarı çıkış parametresi üyelik fonksiyonları, alt ve üst limit değerleri Şekil 4’de verilmiştir. Hedef fonksiyon olan kesici takım aşınma miktarı alt limit değeri 0, üst limit değeri 0.8 ve üyelik fonksiyonları düşük, normal, yüksek olarak belirlenmiştir. Modeli kurmak için

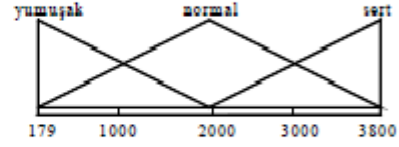
gerekli olan parametrelerin üyelik fonksiyonları ve ayak genişlikleri belirlendikten sonra, probleme etki eden parametreler arasında gerekli ilişkileri kurmak için uzman görüşe ve deneysel verilere göre oluşturulan kuralların bir kısmı aşağıda bir kesit şeklinde belirtilmiştir. Bazı kurallar; 1. Eğer is parçası yumuşak ve kesici takım sert ve kesme hızı yavaş ve ilerleme oranı düşük ve talas derinliği az ve çalışma sıcaklığı düşük ise aşınma çok az. 2. Eğer is parçası yumuşak ve kesici takım sert ve kesme hızı yavaş ve ilerleme oranı düşük ve talas derinliği az ve çalışma sıcaklığı düşük ise aşınma az. 3. Eğer is parçası sert ve kesici takım yumuşak ve kesme hızı hızlı ve ilerleme oranı fazla ve talas derinliği fazla ve çalışma sıcaklığı yüksek ise aşınma çok fazla. 4. Eğer is parçası sert ve kesici takım yumuşak ve kesme hızı hızlı ve ilerleme oranı fazla ve talas derinliği fazla ve çalışma sıcaklığı yüksek ise aşınma çok fazla. Torna lama işlemlerinde kesme parametrelerinin bulanık mantık ile modellenmesini amaçlayan bu örnekte, takım aşınmasını, en ekonomik işleme şartlarını sağlayacak şekilde kesme parametrelerine uygulayabilmek için 1605 kural kullanılmıştır.

iş parçası sertliği (BHN)	sertlik derecesi
39 - 232	yumuşak
39 - 425	normal
232 - 425	sert



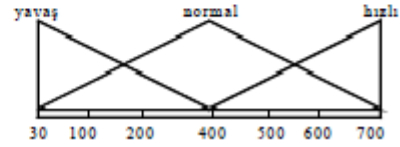
(a)

kesici takım sertliği (BHN)	sertlik derecesi
179 - 1990	yumuşak
179 - 3800	normal
1990 - 3800	sert



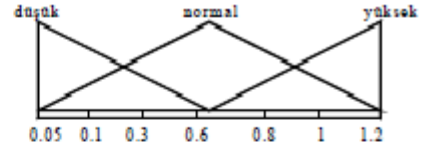
(b)

kesme hızı (m/dak)	hız derecesi
30 - 365	yavaş
30 - 700	normal
365 - 700	hızlı



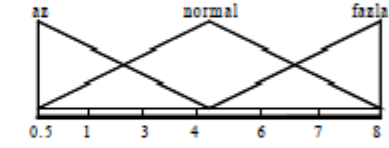
(c)

ilerleme oranı (mm/dak)	ilerleme derecesi
0.05 - 0.625	düşük
0.05 - 1.2	normal
0.625 - 1.2	yüksek



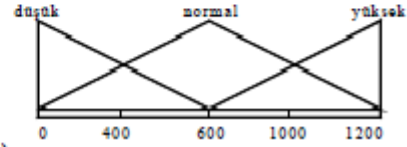
(d)

talaş derinliği (mm)	derinlik derecesi
0.5 - 4.25	az
0.5 - 8	normal
4.25 - 8	fazla

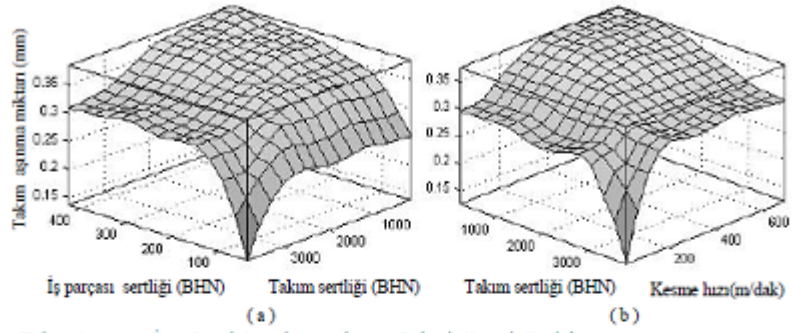


(e)

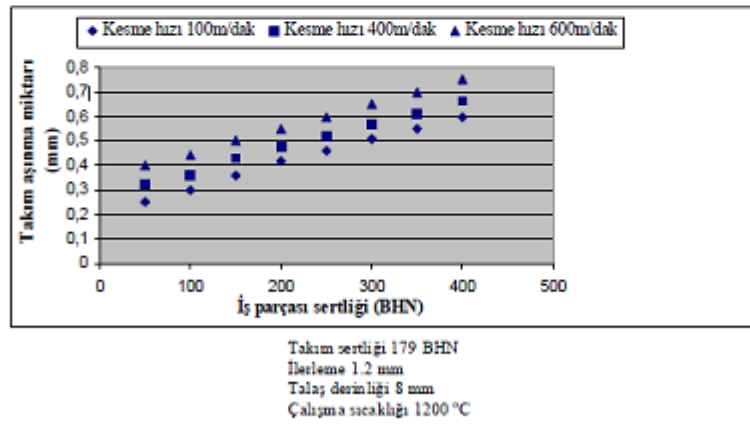
çalışma sıcaklığı (°C)	sıcaklık derecesi
0 - 600	düşük
0 - 1200	normal
600 - 1200	yüksek



(f)



Takım Aşınması İçin Genel Amaçlı Hazırlanmış Bulanık Mantık Modeli



İş Parçası Sertliği Ve Kesme Hızına Bağlı Takım Aşınma Miktarı Grafiği

#### 4.5 MODEL KAVRAMI

Sistemler tam anlamıyla kavrayabileceğimiz ya da ulaşabileceğimiz sınırlarımızın çok ötesinde karmaşıklığa sahiptir. Bundan dolayı modeller kullanarak gerçek sistemler incelenebilir ve anlaşılabilir hale getirilmiş olur. Örneğin Qualitati ve Approach erozyon modeli (Van Zuidam,1986) bir havzada meydana gelen toprak kayıplarına hangi faktörün ne ölçüde etki ettiğini anlamamıza yardımcı olabilir. Model kavramı, bilimsel anlayıştaki önemli unsurlardan biridir. Model, sistem bütünü olarak görülen doğada gerçekleşen olayların belirli bir yönünün çeşitli yöntemlerle ve çeşitli düzeylerde minyatürleştirilmesi veya karikatürleştirilmesi olarak da ifade edilebilir. Süreç ve olguların manipüle edilebilmesi ve uygulamaya sokulmasında model yaklaşımları kritik önem taşımaktadır. Bir sistem bilgisayarlarda modellenirken, sistemin model ve özelliklerini tanımlayan fonksiyonlara, veri madenciliği ile elde edilen deneysel verilere ya da uzman personelin sözel ve nitel terimlerle ifade ettiği bilgilere dayandırılabilir. Buna göre aşağıdaki gibi üç tip model paradigmasından bahsedilebilir:

1. integral-diferansiyel paradigması
2. veri paradigması
3. Nitel paradigma

İntegral-diferansiyel paradigması denilen model yaklaşımında, sistemin süreç ve özelliklerine ilişkin temel (fiziksel, kimyasal vb) bilgiler, diferansiyel ya da integral eşitlikler olarak modellenmektedir. Veri paradigması, yapay sinir ağları yaklaşımında gibi, bilgi ve biçimsel bağlantılar elde etmek için veri madenciliği ile deneysel verinin işlenmesine dayanır. Nitel paradigma ise sözel ve nitel olarak ifade edilen uzman bilgisine dayanarak yapılan modellemedir. Bu modeller bulanık sistemler olarak kabul edilirler [16].

Bulanık modelleme yeni bir modelleme paradigmasıdır. Sayısal veriyi kullanabilen klasik kara kutu modelleme tekniklerine göre bulanık model yaklaşımının daha başarılı olması, nicel ve nitel bilgiyi eşzamanlı olarak kullanabilme yeteneğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır

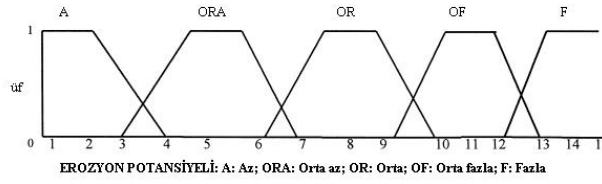
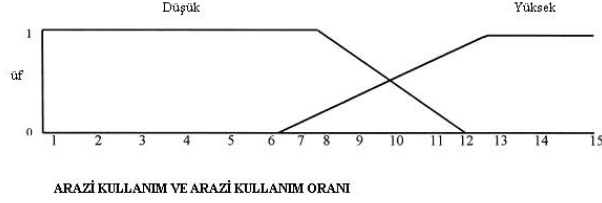
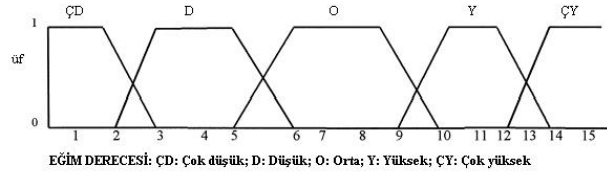
#### 4.5.1. Erozyon Tahmin Modeli

Bulanık mantık algoritması, toprak erozyonu çalışmalarında geleneksel erozyon tahmin modellerini geliştirmek ya da erozyon sınıflarını oluşturmak için kullanılabilir. Erozyon tahminine ilişkin geleneksel çalışmalarda çoğunlukla havza bazlı Ünlversal Toprak Kayıp Denklemi (USLE) esas alınmaktadır. Mitra ve arkadaşlarının (1998) “Büyük bir havzadaki erozyonun tahmininde bulanık mantık uygulamaları” başlıklı çalışmaları bu konuya iyi bir örnek oluşturmaktadır. Söz konusu çalışmada, geniş bir havzadaki toprak erozyonunu tahminlemek için bulanık kural tabanlı sistemi esas alan iki farklı model (İki Değişkenli Model, İDM ve Üç Değişkenli Model, ÜDM) oluşturulması üzerinde durulmaktadır. Oluşturulan modellerle elde edilen sonuçlar USLE’den elde edilen sonuçlarla karşılaştırarak yorumlanmıştır. Verilerin formatı ve kaynağı Çizelge 1’de verilmiştir. İDM için bulanık kural tabanı, eğim açısı ve arazi kullanım oranından meydana gelmektedir. Arazi kullanım oranı ormanlık alanların mera alanlarına oranlanması olarak tanımlanmıştır (O/M). ÜDM için bulanık kural tabanı, eğim açısı (FLS), arazi örtüsü (FLC) ve toprak erodibilite faktörü (FK)’nden oluşmaktadır. 30 m çözünürlüğü olan bu üç değişken, yeniden sınıflandırma stratejileri kullanılarak dijital ortamda bulandırılmıştır.

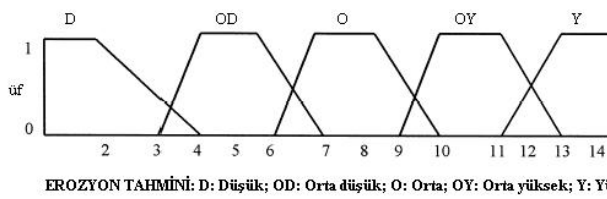
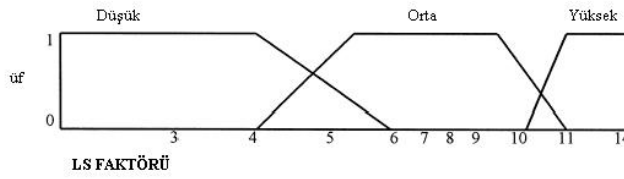
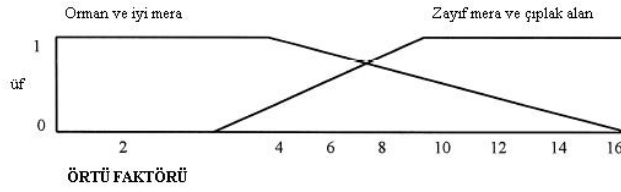
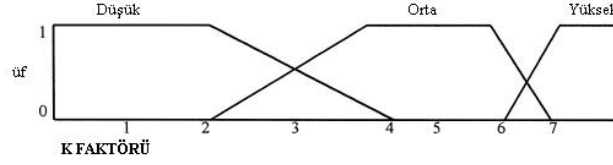
#### 4.5.2. Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması

Modellerin geliştirilmesi için her bir girdi değişkenin kodlanması, bulandırılması ve daha sonra karar verme mekanizması için bulanık sonuç çıkarma mühendisliği içerisinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bulanık mantık temelli sistem için kural yapısının benimsenip modifiye edilmesini önermişlerdir.

Modelde eğim ve toprak erozyonu arasındaki ilişkiler kurulmuş ve önceden verilmiş kural tabanı içerisinde değerlendirilmiştir. En iyi yazılım performansının sağlanması amacıyla yamuk şekilli üyelik fonksiyonları seçilmiştir (Şekil 4 ve Şekil 5).



Şekil 4



Şekil 5

#### 4.5.3. Üç Değişkenli Model (ÜDM)

Üç değişkenli modellerde girdi için veri kümeleri içerisindeki bulanıklığın oluşturulmasında veriler birkaç kategoride yeniden sınıflandırılmıştır. Bu girdiler FK, FLS ve FC'yi içerir. Sınıflandırmada K faktörü 8, LS faktörü 15 ve örtü faktörü 11 kategoriye ayrılmaktadır (Çizelge 3). K faktörü, ilişkili toprak haritalama ünitelerinin yeniden sınıflandırılması yoluyla elde edilmektedir. Her bir hücredeki (30 m'lik ) C faktörü, toprak haritalama ünitesindeki alansal örtüye göre ağırlıklı olarak belirlenmektedir. LS değerleri 1-10488 arasında kategorilere ayrılmıştır. Bu veriler minimum bulanıklıktadır ve eşit olmayan aralıklardaki 15 kategoride yeniden sınıflandırılabilir [18].

#### 4.5.4. Bulanık Sonuç Çıkarma Motoru

Bulanık sonuç çıkarımında Numatra (1991) tarafından geliştirilen bulanık sonuç çıkarma motoru veya bunun modifiye edilmesi ile oluşturulan tekniklerden yararlanılmaktadır. Söz konusu yazılım tekniği,

1. hafızada depolanan yayımlı veriler için bütün bir kural tabanı açılması,
2. verilerin gridlere ayrılması,
3. yazılımın bulanık kümelere üyelik fonksiyonlarını ve bulanık kuralları ataması,
4. çıktı olarak toprak erozyonunun tahminlenmesi,
5. havzadaki bütün hücreler işlenene kadar ikinci adıma geri dönülmesi,

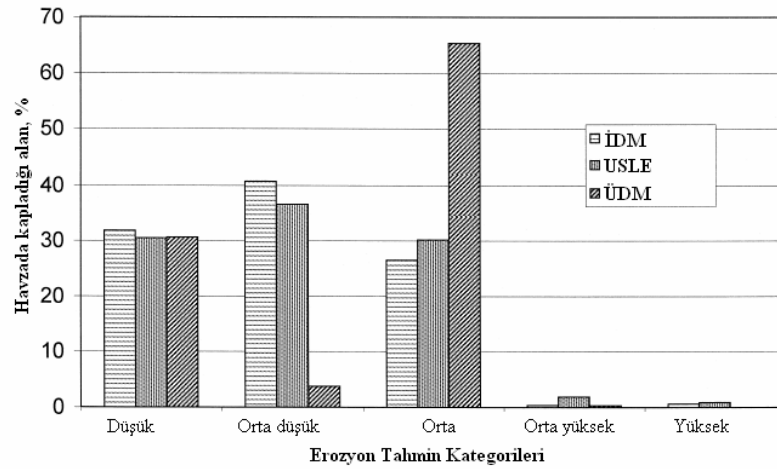
şeklinde çalışmaktadır. Buradan elde edilen çıktılar IDRISI programında geliştirildikten sonra (Çizelge 4 ve Çizelge 5) GIS işlemcileri aracılığı ile erozyonun uzamsal dağılımını gösteren haritalar elde edilmektedir. Örneğin bulandırma mekanizmasından geçen verilerden sonra İDM'nin çıktı dosyasını oluşturan Çizelge 4'e göre eğim açısının çok küçük olduğu arazi üzerinde yayılım gösteren mera toprağında tahminlenen toprak erozyonu sözel olarak "düşük" şeklinde ifade edilirken eğim açısının çok büyük olduğu araziler üzerinde yer alan mera toprağında ise tahminlenen toprak erozyonu "yüksek" şeklinde belirtilebilir. Çizelge 5'de ise ÜDM parametrelerine ait verilerin bulanık çıkarım motorundan çıkması sonucunda elde edilen sözel değerlendirme skalası mevcuttur. Çizelge 5'e göre toprak aşınım



faktörü (K)'nün yüksek ve eğim uzunluğunun fazla olduğu orman toprağında toprak erozyonu “orta yüksek” olarak tahminlenebilir. Aynı K faktörü ve eğim uzunluğu sınıfında yer alan mera toprağında ise tahminlenen toprak erozyonu sınıfı “yüksek” olarak bulunur [17].

#### 4.5.6. İDM ve ÜDM ile Elde Edilen Sonuçların USLE'den Elde Edilen Sonuçlarla Karşılaştırılması

Tahmin edilen değerlerin geçerlilik kontrolü için elde edilen sonuçların standart yöntemlerle karşılaştırılması gerekir. Bu doğrultuda bulanık mantık temelli modeller olan İDM ve ÜDM kullanılarak havza içerisinde tahminlenen erozyon alanları, USLE ile yapılan tahminlemelerle karşılaştırılabilir. Mitra ve çalışma arkadaşlarının (1998) verileri esas alındığında üç modelden elde Çizelge 3. ÜDM için LS, K ve LC faktörlerinin tanımlanan kategorileri.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Model çözümler irdelendiğinde bazı modeller basit ve nitel özellikte iken toprakla ilişkili çalışmalarda kullanılan birçok matematiksel model kompleks yapıları ve disiplinler arası niteliktedir. Kompleks modellerin sonucunu açıklamak çoğunlukla zordur ve gerçek koşullardaki toprakla ilişkili işlemleri yansıtmayabilir. Örneğin arazi değerlendirmesine ilişkin bir uygulama çalışması, kimya ve fiziğe dayalı bir *karar verme gerçekleştirme* işlemidir, fakat hükümlerin sonuçlarını değerlendirebilmek için sosyal bilgiler ve kurumlara ait bilgiler de gerekmektedir. Bu nedenle toprak bilimindeki birçok model, modelleyicinin tercihler yapmasını zorlayıcı nitelikte çoklu, çoğunlukla çelişen ve çıktısı girdi verisini desteklemeyen özelliktedir. Bulanık mantık yöntemlerini kullanmak, az sayıda değişkenle çalışılmak istenildiği durumlarda, büyük bir havzadaki toprak erozyonu potansiyelini belirlemek için nispeten kolay bir yoldur. Saha çalışmalarının maliyeti surveyin ölçeğine bağlıdır. Bölgesel bir ölçekteki çalışma için oransal olarak kaba veri kümeleriyle çalışılacak olan pilot bir proje, alansal erozyon problemlerini belirlemeye yardımcı olabilir. Böylece problemler tanımlanıp dağılımları belirlenebilir. Bulanık mantık modelleri ile farklı çözünürlükteki veri kümelerine ait serilerinin kullanımı devamlı olarak problemler alanların alansal uzunluğunun daraltılmasına yardım eder. Böylece daha iyi veri kümeleri bütün bölge için değil spesifik problemler alanlar için gerekecektir. Daha sonra en iyi veri kümeleri ile problemler alanlar belirlenecek ve bu şekilde bütün alan çalışılmış olacaktır. Bu yaklaşım bütün bölgedeki potansiyel problemler alanların tanımlanması ve yerinin belirlenmesinde etkin bir maliyet azalması sağlayacaktır. Herhangi bir çözünürlükte bulanık mantık temelli model uygulaması dijital ortamda sadece ucuz GIS paketlerini gerektirmesi nedeniyle göreceli olarak pahalı değildir. Geleneksel grid yöntemleri kullanılarak elde edilebilen eğim ve arazi kullanım/arazi örtüsü veri kümeleri, bulanık mantık temelli modeller ile kullanılabilir. Makul bir veri kümesi için pahalı GIS kurulumlarını satın almaya gerek yoktur, sade grafik paketler bulanık mantık temelli çıktıları gösterebilir. Gelişmekte olan ülkelerdeki toprak erozyonu çalışmalarında bulanık mantık temelli modellerin kullanılması, büyük ölçüde ekonomik kazanç sağlamaktadır. Bulanık mantık temelli modellerin temel

avantajı, pahalı dijital verilerden tam anlamıyla yararlanılamayan ucuz ve basit tekniklerin kullanılma zorunluluğu bulunan gelişmekte olan ülkelerde, özellikle toprak erozyon potansiyelinin survey keşifleri ile yapılmak istendiği durumlarda başarıyla kullanılabilir olmasıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Arı, M. E. “Stabilization of An Inverted Pendulum By Using A Fuzzy Controller”, A Master's Thesis, METU, Ankara, (1995).
- [2] Grünberg, T. “Sembolik Mantık El Kitabı-3:Sembolik mantığın Uygulamaları”, Metu Press, Ankara, (2000).
- [3] Kuhn, T. “Bilimsel Devrimlerin Yapısı, Çev.”, Nilüfer Kuyas, Alan Yay., İstanbul, (1995).
- [4] Öztemel, E. “Yapay Sinir Ağları”, Papatya Yay. I. Baskı, İstanbul, (2003).
- [5] Semed, M. “Dünya Dahilersiz Yaşayabilir mi?”, Azerbaycan Bilimler Akademisi Yay., Bakü, (2000) .
- [6] Sen, Z. “Modern Mantık”, Bilge kültür sanat yay., İstanbul, (2003) .
- [7] Alan, A. Yusuf, Nispi “Mantik (Fuzzy Logic)”, International Seminar Group, Ludwigshaven, Germany, (2003).
- [8] Baron, J. J. Putting “Fuzzy Logic Into Focus”, Tratto Dalla Rivista "Byte", Ottobre, U.S.A., (1993).
- [9] Bla-R, B. “Interview with Lotfi Zadeh Creator of Fuzzy Logic, (Lotfi Zadeh in his office at Berkeley)”, (1994).
- [10] Freksa, C.; Kruse, R.; De M., Ramon L. “Interview with Prof. Lotfi A. Zadeh”, Künstliche Intelligenz, Band 15, Heft 3, (2001) .
- [11] Hampel, R., Wagenknecht, M., Chaker, N. “Fuzzy Control-Theory and Practice”, Physica-Verlag, Heidelberg, (2000).
- [12] Klir, G. J., Yuan, B. “Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications”, Paperback, Prentice Hall, (1995).
- [13] Kosko, B. “Fuzzy thinking: The new science of fuzzy logic”, London: Flamingo, (1993).

- [14] Mohaghegh, S. “Virtual Intelligence And Its Applications in Petroleum Engineering Part 2” Evolutionary Computing, Intelligent Solutions, Inc., Journal Of Petroleum Technology, (2000).
- [15] Çelebi, O. “Soyut Matematik”, A.Ü. F.F. Döner Sermaye işl. Yay. No:14, Ankara, (1996).
- [16] Zadeh, L. A. “Commercialism and Human Values”, Azerbaijan International, (1998).
- [17] Zadeh, L. A. “Foreword to Entwurf von Fuzzy-Reglern mit Genetischen Algorithmen, by Frank Hoffmann”, (1996).
- [18] Zadeh, L. A. “Prototype-Centered Approach to Adding Deduction Capability to Search Engines” The Concept of Protoform, BISC Seminar, Feb 7, 2002, UC Berkeley, (2002).
- [19] Zadeh, L. A. “A new direction in AI – Toward a computational theory of perceptions”, AI Magazine 22(1): (2001).

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı:** Ahu Meryem ÇUVALCIOĞLU

**Dođum Tarihi:** 07/12/1977

**Öđrenim Durumu:**

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Fen Bilimleri	Tevfik Sırrı Gür Lisesi	1990-1993
Lisans	Matematik	Ankara Üniversitesi	1996–2001
Yüksek Lisans	Matematik	Mersin Üniversitesi	2006–

**Görevler:**

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Öđretmen	Nihal Erdem T.M.L. Anadolu Lisesi	2001-