

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
GAZETECİLİK ANA BİLİM DALI
BİLİŞİM BİLİM DALI

İLETİŞİM ARAÇLARINDA BULANIK MANTIK UYGULAMALARI

Yüksek Lisans Tezi

SERHAT DALGALIDERE

İSTANBUL - 2014

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
GAZETECİLİK ANA BİLİM DALI
BİLİŞİM BİLİM DALI

İLETİŞİM ARAÇLARINDA BULANIK MANTIK UYGULAMALARI

Yüksek Lisans Tezi

SERHAT DALGALIDERE

Danışman

YRD. DOÇ. DR. ŞEVKİ IŞIKLI

İSTANBUL – 2014



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

TEZ ONAY BELGESİ

GAZETECİLİK Anabilim Dalı BİLİŞİM Bilim Dalı TEZLİ YÜKSEK LİSANS öğrencisi SERHAT DALGALIDERE'nin İLETİŞİM ARAÇLARINDA BULANIK MANTIK UYGULAMALARI adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 16.10.2014 tarih ve 2014-35/8 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi 23.10.2014

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

1. Tez Danışmanı	Yrd. Doç. Dr. ŞEVKİ IŞIKLI	
2. Jüri Üyesi	Prof. Dr. ÖZHAN TINGÖY	
3. Jüri Üyesi	Yrd. Doç. Dr. AHMET ARSLAN	

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım, Yard.Doç.Dr. Şevki Işıklı'ya, bilgilerinden yararlandığım ve bana değerli zamanını ayıran sayın Prof.Dr. Zekai Şen'e, her daim fikirleriyle ve dostluğu ile yanımda olan Ahmet Ağca'ya, benimle bilgilerini paylaşan abim Öğretim Görevlisi Sertaç Dalgaldere'ye, gösterdiği büyük sabır ve desteğinden dolayı sevgili eşim Sedef Dalgaldere'ye ve bugünlere gelmemde sonsuz desteği bulunan saygıdeğer annem Nurten Dalgaldere'ye teşekkür ederim.

ÖZET

Bu tez çalışması, 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından, “akıllı teknoloji mantığı” olarak geliştirilen “Bulanık Mantık Kuramı’nın güncel teknolojiyle ilişkisini göstermeyi, onun Apple-iPhone cihazı özelinde, akıllı iletişim teknolojilerinde kullanılma biçimlerini açıklamayı amaçlamaktadır.

Aristoteles mantığı olarak bilinen iki değerli klasik mantık kuramı ile iki değerli mantığın bir genelleştirilmesi (hatta bazı uzmanlara göre çok değerli bir mantık) olan bulanık mantık kuramı arasındaki farklar, karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Böylece 0 ve 1 gibi iki temel doğruluk değeri alan klasik mantıktan hangi noktalarda ayrıldığı, niçin teknoloji mantığı olarak nitelendirildiği gösterilmeye çalışılmıştır.

Son olarak bulanık mantığın ortaya çıkardığı "bulanık paradigma"nın, Apple-iphone cihazının mobil uygulamalarında izi sürülmüş, örnek uygulamaların niçin bulanık paradigmanın ürünü olabilecekleri gösterilmek istenmiştir

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Bulanık Mantık Uygulamaları, Bulanık Paradigma, Uzman Sistemler, Akıllı Teknolojiler, Apple-Iphone

ABSTRACT

This study aims to demonstrate the relationship between the "Fuzzy Logic Theory" developed as "smart technology logic" by Lotfi A. Zadeh in 1965 and the modern technology, and to explain the forms of utilization of fuzzy logic in smart communication technologies, specifically in Apple-Iphone devices. The differences between the classical two-valued logic theory, known as Aristotelian logic, and the fuzzy logic theory which is a generalization of the two-valued logic (a multi-valued logic according to some experts) are given in comparison. In this way, it is explained in which points it is different than the classical logic that has the two truth values of 0 and 1, and why fuzzy logic is characterized as the logic of the technology. Finally, the fuzzy logic in some applications of Apple-Iphone device has been traced and it is explained from which perspectives the Iphones could have a fuzzy logic network.

Keywords: Fuzzy Logic, Fuzzy Logic Applications, Expert Systems, Smart Technologies, Fuzzy Paradigm, Apple-Iphone

KİŞİSEL KABUL

Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığım “İletişim Araçlarında Bulanık Mantık Uygulamaları” adlı çalışmayı bilim etiği ve geleneğine aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazdığımı ve faydalandığım eserlerin bibliyografyada gösterdiklerimden ibaret olduğunu, bunlara atıf yaparak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu şeref ve haysiyetimle doğrularım.

SERHAT DALGALIDERE

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	ii
TABLolar	vi
ŞEKİLLER.....	vi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

BULANIK MANTIK

1.1. BULANIK MANTIK VE KAPSAMI	4
1.1.1. Bulanık Mantık Kavramı	4
1.1.2. Bulanık Mantığın Tanımı	7
1.2. BULANIK KÜME, BULANIK İŞLEM VE BULANIK DENETLEYİCİLER	7
1.2.1. Bulanık Kümeler ve Bulanık Küme İşlemleri	7
1.2.2. Bulanık Mantık Kavramı ve Onun Tanımı	9
1.2.3. Bulanık Sistemlerin Gelişimi	11
1.2.4. Bulanık Denetleyicilerin Avantaj ve Dezavantajları	16
1.3. MANTIKTA KLASİK VE BULANIK AYRIMI	19
1.3.1. Mantık Kavramı ve Mantığın İlkeleri	19
1.3.2. Akıl Yürütme (Uslamlama/Çıkarım) ve Geçerlilik	22
1.3.2.1. Klasik akıl yürütme (klasik usamlama)	23
1.3.2.2. Bulanık akıl yürütme (bulanık usamlama/bulanık çıkarım)	24
1.3.4. Bulanık Mantığa Dair Tartışmalar	26
1.3.4.1. “Bulanık (fuzzy)” sözcüğüyle ilgili itirazlar	27
1.3.4.2. Bulanık mantığın bilinen mühendislik sorunları	29
1.3.4.3. Bulanık mantığın felsefi sorunları	30
1.3.4.4. Bulanık mantığa kültürel yaklaşım: Doğulu ve Batılıların farklı yaklaşımları	30
1.3.4.5. Bulanık mantık, toplum ve Türkiye	31

2. BÖLÜM

BELİRSİZLİĞİN ÖLÇÜMÜ VE BULANIK MODELLEME

2.1. Belirsizlik ve Entropinin Ölçümü	35
2.2. Bulanık Mantık Temelli Akıllı Sistemler	38
2.1.1. Bulanık mantığın ilk uygulamaları	38
2.1.2. Bulanık mantığın teknolojik uygulamaları	40
2.2. Bulanık Mantık Temelli Uzman Sistemler	41
2.2.1. Uzman sistemler	45
2.2.2. Tıp ve diğer disiplinlerdeki uzman sistemler	49
2.3. Sibernetik Sistemlerin İnşasında Bulanık Mantık Katkıları	50
2.3.1. Sibernetik kavramı ve tanımı	50
2.3.2. Beyin sibernetiği ve biyonik	53

3. BÖLÜM

APPLE-IPHONE'DAKİ BULANIK UYGULAMALAR

3.1. Akıllı İletişim Teknolojileri ve Yöndeşme Kuramı.....	55
3.2. Dilbilimsel Değişkenler Kuramı ve Farklı Uygulamaları	57
3.2.1. Ses frekanslarını yazıya dönüştüren bulanık mantık uygulaması	59
3.2.2. Google'ın sesle çalışan bulanık mantık uygulaması	60
3.3. Apple Markası ve iPhone'daki Bulanık Uygulamaları	62
3.3.1. Apple-iPhone markasının doğuşu.....	62
3.3.2. Apple-iPhone'daki bulanık mantık temelli uygulamalar	68

SONUÇ	75
ÖZGEÇMİŞ	80
KAYNAKÇA	82

TABLÖLAR

Tablo 1: Bulanık Derecelerın Dilbilimsel ve Matematiksel Karşıılığı	8
Tablo 2: Ürün – Bulanık Mantık Rolü	41
Tablo 3: 2012’de En Çok Aranan Sanatçı ve Şarkıların Listesi	69

ŞEKİLLER

Şekil 1: Bulanık Kümelerde Kesişim.....	10
Şekil 2: Boy Uzunlukları Bulanık Kümesinde Alt Küme ve Kesişim	11
Şekil 3: Dragon Uygulamasının Arayüz Görüntüsü.....	59
Şekil 4: Google’un Iphone İçin Ürettiğı Uygulamanın Arayüz görüntüsü	61
Şekil 5: iPhone Cep Telefonlarının Kamera Arayüz Görüntüsü	65
Şekil 6: iPhone Telefonlarının Ana Sayfa Arayüz Görüntüsü	67
Şekil 7: Shazam Uygulamasının Android Telefonlardaki Ekran Görüntüsü	70
Şekil 8: iPhone Pegasus Uygulaması Arayüz Görüntü	72

GİRİŞ

Aristoteles'e göre her bir varlığı o varlık yapan değişmez bir öz vardır. Örneğin insanı insan yapan bu öz, onun düşünebilmesidir. Mantığı sistemli bir şekilde ele alan Aristoteles'ten önce mantık disiplinli ve sistemli bir şekilde ele alınmamış olsa bile Hint ve Çinliler sayıları tanımlamış ve sayma ölçme işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. Aristoteles'in mantık üzerine çalışmaları ölümünün ardından "Organon" isimli eserinde toplanmıştır. Aristoteles'in sistemli hale getirdiği klasik mantık doğru (I) ve yanlış (0) sadece iki doğruluk değeri olan bir mantık sistemidir. Aristo mantığı önermeleri özne - fiil kalıbıyla tahlil eder. Örnek vermek gerekirse, "Ahmet, Serhat ile top oynadı" önermesinde "Ahmet", özne; "Serhat ile top oynadı" ise yüklemidir.

Metafizikle iç içe olduğu görülen klasik mantıkta varlık vurgusunun kuvvetli olduğu görülmektedir. Örnek, "Bütün kuşlar uçar" önermesinde hem kuşların var olduğu hem de uçtukları iddia edilir. Klasik mantığa göre varlığa dair bütün önermeler kesin ve nettir. Varlık bu kesin ve netlik arasında gidip gelmektedir. Klasik mantık olarak da geçen Aristoteles mantıkta gri tonlara yer yoktur. Bir şey ya beyazdır ya da siyah. Her şeyin kesin olduğunu düşünen bu mantık zamanla insanoğlunun düşünme biçimi karşısında yetersiz kalmaya başlamıştır. Dünyanın ara tonlarını atlayan bu mantık sistemi bazı gökkuşağı tonlarını görmezden gelmiştir. Bu görmezden geliş, birçok sisteminin netlik üzerine hareket etmesine sebep olmuş; senelerce makinaların insanoğlunun düşünce sistemine daha yakın üretimler yapmasını engellemiştir.

Azeri asıllı bilim adamı Lotfi Alaskerzadeh'nin 1965 yılında kesinsizlik, bulanık gri alanlarla ilgili olguları sistemli bir şekilde ele alıp açıklamasıyla "bulanık mantık" kavramı bilim dünyasında yerini almıştır.

"Lotfi Alaskerzadeh, 4 Şubat 1921 tarihinde Bakü'de doğdu. Babası Rahim Alaskerzade 1893'te Erdebil şehrinde, annesi Feyka ise 1894'te Rusya'nın Bolinsky kasabasında doğmuştu. 1905'te Zadeh'nin ailesi Bakü'ye geldi. Lütüfi Zade'nin doğumu aileye mutluluk getirdi. O, ailenin tek çocuğuydu. Onun rahat bir yaşam sürebilmesi için ailesi elinden geleni yapıyordu. Lütüfi Zade'nin çalışma masasının üzerinde büyük harflerle "BİRİCİK" yazılı bir levha vardı. Levhayı görenler merak ediyorlardı. Bir bilinçaltı, bir eğitim işlevi görüyordu. Sürekli karşısında duran bu yazı Zadeh'ye şöyle bir etkide bulunuyordu: " Sen bu dünyada teksin. Hayat karmaşık ve zordur. Bu karmaşa ve zorlukla başa çıkmak için hem fiziki olarak hem de zihni olarak güçlü olmalısın. Daima

kendini bu yolda güçlendirmelisin. Okuyup öğrenmekten ve zorlukları yenmekten bıkmamalısın! “¹

Bulanık mantık, klasik mantığın, “tamamen doğru” ile “tamamen yanlış” biçimindeki iki doğruluk değeri arasında yer alan “kısmen doğru” ve “kısmen yanlış” kavramlarını da kapsayacak şekilde genişletilmesi sonucunda elde edilen bir üst kümedir. O, bir taraftan kesin olmayan önermeleri inceleme yöntemi, diğer taraftan kesin olmayan önermelerle işlem yapma tekniğidir.² Bulanık mantık, bir kümenin elemanlarının her birinin doğruluk değerlerinin farklı olduğunu, farklı aidiyet sayılarına sahip olduklarını bildirir. Bu yüzden bulanık mantık, bir kümenin elemanlarının kümeye aidiyet oranlarına göre işlem yapan matematiksel bir mantık olarak tanımlanır. Örneğin, “uzun” kümesindeki elemanların her biri, farklı oranlarda kümeye aidiyet oranına sahiptirler. Kümedeki bazı elemanlar çok uzun, bazıları uzun, bazıları da daha az uzun olabilir.³ “Uzun olan eleman” ile “daha az uzun olan elemanın kümeye aidiyet oranları aynı değildir. Aidiyet oranı, klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki en kesin ayrımı ifade eder. Klasik mantık açısından bir eleman kümenin ya tam olarak içindedir ya da dışındadır. Bulanık mantık açısından ise her bir eleman farklı oranlarda bir kümeye dahil olabilirler ve farklı oranlarda kümeden ayrılabilirler. Öte yandan bu nokta, bulanık mantığın gerçeği daha iyi temsil etme becerisini gösterirken klasik mantığın indirgemeci yanını gün yüzüne çıkarır.

Bulanık küme tabanlı ilk elektronik mantık şebekesi, Ebrahim H. Mamdani ve Sedrak Assilia tarafından Londra’da, 1975 yılında, buhar tribünü hızının ayarlanmasında kullanılmıştır. Aynı yıllarda Holmblad ve Ostergaad tarafından 1975 yıllarında, bulanık mantık sistemine dayanarak oluşturdukları bir çimento fabrikası kurulmuştur.⁴

Tüm bu gelişmelerden sonra özellikle Doğu dünyasından bilim insanları ve teknoloji firmaları bulanık mantık sistemine önem vermeye başlamışlardır. Özellikle Japon firmaları bulanık mantık üzerine çalışmış. Hitachi firması bu yöntemi 1987 yılında Sendai metrosunda kullanmıştır. Böylelikle metro daha az enerji harcamış ve daha sarsıntısız biçimde yol alması sağlanmış. Bulanık mantık kullanılarak, 1988 yılında Tokyo’da oluşan krizi haftalar

¹ Semed, M. (2005). Dünya Dahilersiz Yaşayamaz, Çev. Babek Kurbanov ve Şevki Işıklı, İstanbul: Emre Yayınları, s.50.

² Zimmerman, H. J. (1987). Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems, Boston: Kluwer Academic Publishers. s. 1 - 14.

³ Kosko, B. (1993). The New Science of Fuzzy logic, USA: Hyperion Publishers. s. 292.

⁴ Tür. R, Kazaz. A ve Yardımcı. A. Antalya’da faaliyet gösteren inşaat firmalarına yönelik ekonomik durum analizi: Bulanık mantık yaklaşımı, <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr>, Erişim Tarihi: 24.02.2014.

öncesinden hesaplanması başarılmıştır. Bununla birlikte aralarında Toshiba, Hitachi, IBM, benzer 51 dev teknoloji firması tarafından LIFE (Laboratory for Interchange Fuzzy Engineering) adı altında bulanık mantık kullanan mühendislik çalışmalarının paylaşılması hususunda bir organizasyon kurulmuştur.⁵ Günümüzde hemen hemen her teknoloji firmasının üretmiş olduğu akıllı makinaların temelinde bulanık mantık sistemi yatmaktadır. Firmalar bulanık mantık sistemi ile insanoğlunun düşünme biçimine yakın bir sistem elde etmesiyle beraber öğrenebilen akıllı cihazlar üretme imkan bulmuşlardır. Kitle iletişim araçlarının tamamına yakını bulanık mantık sistemi ile donatılmaya başlanmıştır. Evlerin içerisindeki akıllı televizyonlardan yanımızda taşıdığımız cep telefonlarına kadar tüm elektronik cihazlar bulanık mantık sayesinde daha akıllı ve öğrenebilen makinalar haline gelmeye başlamıştır. Öte yandan bulanık mantık temelli sibernetik bilimi ve yapay zeka çalışmaları sürekli gelişerek artış göstermeye başlamıştır. Günümüzde sadece günlük eşyalarımız değil mesleki alanda ve bilim alanında bulanık mantıktan yararlanarak önemli gelişmelerin kaydedildiği gözlenmektedir. Robot pilotlardan, robot doktorlara kadar yaşamımızın her noktasında bulanık mantık temelli yapay zeka ve sibernetik sistemleri görmek mümkün. Bu sistemlerin gelişmesinde ve yaygınlaşmasında şüphesiz bulanık mantığın yeri büyüktür.

⁵ <http://www.elektrotekno.com/about858.html>, Klasik kümelerden Bulanık Kümelere: Büyük Paradigma Değişikliği, Erişim Tarihi: 01.08.2014

1. BÖLÜM

BULANIK MANTIK

Tezimizin ilk bölümünde, teknoloji mantığı olarak tanımlanan bulanık mantığın klasik mantıktan hangi açılardan ayrıldığını, hangi tür olguları nasıl tasvir ettiği, şimdiye kadar hangi alanlarda nasıl uygulandığı, bir devrim olarak açtığı “bulanık paradigma”ya değinilecektir. Bunu yapmak için bulanıklık, bulanık küme, klasik ve bulanık mantıksal çıkarımlar, klasik-bulanık ayrımı, bulanık mantık üzerine bazı tartışmalar, bulanık mantığın mühendislik ve felsefi sorunları, bulanık mantığa kültürel yaklaşımlar açıklanacaktır.

1.1 BULANIK MANTIK VE KAPSAMI

1.1.1. Bulanık Mantık Kavramı

Günlük hayatımızda karşılaştığımız birçok olayı veya sorunu kendi kişisel değer yargılarımız doğrultusundaki düşüncelerimizle inceler ve yorumlarız. Örneğin, “hava sıcak” denildiğinde birçok kişi kesinlikle hava kelimesinin günlük hayattaki kullanımını anlamaktadır ancak “sıcak” kelimesinin ifade ettiği anlam göreceli olarak birbirinden farklı olabilmektedir. Erzurum’da bulunan bir kişinin sıcak için 15 C° algılamasına karşın Şanlıurfa’daki bir kişi için bu 35 C° olabilir. Arada bulunan birçok kişinin görüşü olarak başka derecelerde de olduğu söylenebilmektedir. Bu yüzden sıcak kelimesinin altında insanların ima ettiği sayısal anlayışın bir sonucu olarak belirsiz bir durum ortaya çıkar. Bu rastgele değildir ancak belirsizdir. İşte bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanıklık (fuzzy) denir.⁶

⁶ Şen, Z. (2002a). İhtimaller Hesabı Prensipleri, İstanbul: Bilge Kültür Sanat yayınları. s.10.

Küme olarak anlatmak istenirse, her olayın değişkenlerini bir varlık olarak düşünmemiz gerekir. Buna göre, klasik mantıkta belirli bir varlık belirli bir kümenin elemanıdır ya da değildir. Söz konusu varlık, kümenin elemanı ise (1) değerini, elemanı değil ise (0) değerini almaktadır. Bulanık mantık ise klasik kümeyi kapsayan bir yöntem ve klasik kümenin bir bakıma genişletilmesi olarak düşünülmektedir. Bulanık varlık kümesinde her bir varlığın üyelik derecesi olup bu derece 0 ile 1 arasında değişmektedir. Bu değişkenlik sayesinde insanlar, belirsiz ve kesin olmayan olaylardan elde edilen bilgiler ışığında tutarlı ve doğru kararlar vermeyi sağlayan düşünme ve karar verme mekanizmalarını oluşturmaktadır.⁷

Bart Kosko, bulanık kümeleri anlatmak için pek çok konferansında şu yöntemi uygulamaktadır: Katılımcılara, “Burada bulunan erkekler el kaldırsın !” der. Salondaki erkekler kendilerinden emin bir şekilde el kaldırır. Daha sonra, “Burada bulunan bayanlar el kaldırsın!” der. Bayanlar da kendilerinden emin bir şekilde el kaldırır. Fakat katılımcılara “İşinden memnun olanlar el kaldırsın” dediğinde, işte tam bu noktada, pek çok katılımcı, “oldukça kararsız” bir şekilde el kaldırır; bazı eller iyice kaldırılmış, bazıları kararsız, bazıları da daha az kaldırılmış olur. Klasik mantık açısından “Salondaki Erkekler Kümesinin veya “Salondaki Kadınlar Kümesinin elemanları açıkça bellidir. Klasik mantık açısından salondaki katılımcılar iki kümeden birine aittirler. Şöyle de söyleyebiliriz: Salondaki herhangi biri, örneğin Salondaki Kadınlar Kümesinin ya elemanıdır ya da elemanı değildir. Fakat, “İşinden Memnun Olanlar Kümesi” söz konusu olduğunda kümeye aidiyet durumu, biraz farklılaşır, biraz karmaşıklaşır. Artık burada, salondaki herhangi birinin “İşinden Memnun Olanlar Kümesinin ya elemanı ya da elemanı olmadığı kesin biçimde söylenemez. Bazılarının memnuniyeti çok fazla, bazılarının çok az, bazılarının biraz olabilir. İşte bu türden belirsizlikler içeren ve dil bilimsel değişkenlerden oluşan kümelere bulanık mantık kümeleri denir. Böylesi olgular, bulanık mantık tarafından incelenir.⁸

Bulanık mantığı anlayabilmenin bir yolu da onu klasik mantıkla karşılaştırmaktır. Bu amaçla, klasik mantığın yapı ve işleyiş sistemini kısaca açıklamak gerekir. Klasik mantık, “doğru” veya “yanlış” olabilen, anlamı açık olan önermelerle işlem yapar. Bir ifadenin, klasik mantıksal işlem süreçlerinde dikkate alınabilmesi için onun kesin bir yargı bildirmesi gerekir. Bu yargılar ya doğru ya da yanlış olmalıdır. Önerme demek, yanlış veya doğru olabilen bir ifade, demektir. Klasik mantıkta bir önermenin doğruluk değeri için başka bir ara değer söz konusu değildir. Doğru önermeler “1” ile, yanlış önermeler “0” ile temsil edilir. Klasik

⁷ Şen, Z. (2002b). Modern Mantık, İstanbul: Bilge Kültür Sanat yayınları. s. 163.

⁸ Işıklı, Ş. (2009). Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler, *Araştırma Dergisi*, Sayı: 17, ss.101-120, s.6.

mantık, olasılıklı, esneklik ve yaklaşıksallık gibi kavram ve önermelerle işlem yapmaz. Klasik mantıkta sonuçlar kesin, doğru ve nettir.

Klasik mantığın kullandığı önermeler, olguları “kesinlik” içerecek şekilde tasvir ederler. Şu örneği inceleyelim: Klasik mantık şebekeli bir çimento fırını için, 22 C⁰’lik bir sıcaklığın altındaki dereceleri soğuk, üstündeki dereceleri sıcak olarak nitelendirilmiş olsun. Buna göre 22 C⁰’nin altındaki fırın soğuk, üstündeki sıcaktır; kısacası fırın ya soğuk ya da sıcaktır. Peki, fırın için bu iki değerli tanımlama yeterli midir? Örneğin -15 C⁰’lik bir ortam ile 21 C⁰’lik ortamın ısını hâlâ aynı değerle, yani “soğuk” ile tanımlamak ne kadar doğrudur?

Doğrusu şu ki, fırın içindeki ortamın sıcaklığının “dondurucu soğuk”, “çok soğuk”, “soğuk”, “vasat”, “ılık”, “sıcak”, “çok sıcak” vb. değerlerle tanımlanması gerekirdi. Bulanık mantıkta doğru ve yanlış, 0 ve 1 arasında sonsuz bir derecelenme imkânına sahiptir. Buna göre de soğüğün derecesine göre fırın içindeki ısıyı ayarlayan dinamik mekanizmanın geri beslenmesi gerekir. Bu düşünce, aslında doğal düşünmenin mantığının “0” ve “1” arasında sonsuz ihtimalleri göz önüne alacak bir yapıya sahip olduğunu anlamamızı sağlar. Hâlbuki klasik mantık şebekeli makineler ise dinamik bir feed-back mekanizmasından çoğu zaman yoksundur. Makineler, insan gibi esnek karar alabilme yeteneğine ancak bulanık mantık şebekeleri ile kavuşmuştur.

Bilim, felsefe ve kültür hayatındaki devrim niteliğindeki pek çok gelişme, 19 ve 20. yüzyılda meydana gelmiştir⁹. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren sibernetiğin bir bilim olarak ortaya çıkarak insan zekasını taklit etmeye çalışması, yeni bir dönemin başlamasını yol açmıştır. Sözü edilen dönemdeki bilimsel çalışmaların önemli bir kısmı, sibernetik ve mantıkla ilgili oluşturmuştur.¹⁰ 1965 yılında bilim camiasına sunduğu bulanık mantık kuramıyla Lotfi A. Zadeh, Aristoteles’ten beri etkin biçimde kullanılan iki değerli mantığı, yani klasik mantık ve modern/sembolik mantığı tartışmaya açmış, onların hakimiyetini sarsmıştır.¹¹ Aristoteles mantığı; özdeşlik, çelişmezlik ve üçüncü hâlin olanaksızlığı biçimindeki aklın üç temel ilkesine dayanan biçimsel bir mantıktır. Önermelerin, anlamsal içerikleri veya olguları tam tasvir edip etmedikleriyle ilgilenmez. Tasvir ve temsilin, olguların doğasına tam uygunluğunun araştırılması, bilim insanlarını bulanık mantığın keşfine zorladığı söylenebilir.

⁹ Işıklı,Ş. (2009). Siber Toplum Bileşenleri, Ankara: Birleşik, s.22.

¹⁰ Işıklı,Ş. (2009). Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler, *Araştırma Dergisi*, Sayı: 17, ss. 101-120, s.1.

¹¹ Işıklı,Ş. A.g.e., ss.101-120, s.2.

1.1.2. Bulanık Mantık Tanımı

Bulanık Mantık, klasik ikili mantığın tamamen doğru ve tamamen yanlış doğruluk değerleri arasında yer alan “kısmen doğru” kavramını da kapsayacak şekilde genişletilmesi sonucunda ulaşılan bir üst kümedir. Kesin olmayan önermelerin mantık süzgecinden geçilerek incelenmesinin yapıldığı bir yöntem olarak da tanımlanabilmektedir.¹²

Bir bulanık mantığın işlem sürecinin elemanlarını ve aşamalarını şu şekilde gösterebiliriz. 1. Bulanıklaştırma, 2. Davranış tanımlama, 3. Netleştirme. İlk iki evre bulanık küme kurma ve tanımlama işlemlerini içerirken son evre kümelerin genelleştirilmesidir.¹³ Bulanık mantığında belirli sınırları olmalıdır ve bu sınırlar duruma göre değişiklik gösterebilir. Bulanık mantığı klasik mantıktan ayıran nokta sınırların daha esne olmasıdır. “Bu esneklik sayesinde bulanık mantık uygulandığı her sahada çok daha hassas sonuçlar doğurmaktadır.”¹⁴

1.2. BULANIK KÜME, BULANIK İŞLEM VE BULANIK DENETLEYİCİLER

1.2.1. Bulanık Kümeler ve Bulanık Küme İşlemleri

Bazı uzmanlar, bulanık kümeleri klasik kümelerin bir türevi olarak değerlendirmişlerdir.¹⁵ Klasik akıl yürütme, klasik küme işlem kurallarına dayanır. Klasik kümeler kuramı, sembolik-matematiksel Boolean mantığının temelini oluşturur. Bulanık mantık kuramı ise bulanık akıl yürütme, bulanık işlem (*çıkarım*), bulanık denetleme gibi uygulamaların temel paradigmasını sunar. Bulanık küme, kümenin elemanlarının kümeye üyelik derecesi olarak 0 ile 1 arasındaki sonsuz değerden birini aldığı kümelerdir. Bulanık üyelik değeri (*aidiyet katsayısı*), kısmi (*partial*) bir değerdir; dolayısıyla bulanık kümelerde kısmi üyelikler söz konusudur. Öte yandan insani düşünme tarzının en yakın taklidinin bulanık kümeler ve bulanık işlemlerle gerçekleştirilebileceği ileri sürülmektedir. Aşağıdaki insani düşünme tarzının bir örneğini inceleyelim:

Örnek I: Akıllı başında normal her kişi, insanların ya dost ya da düşman biçiminde bir kategorileştirilmesinin gerçeklikle yüzde yüz örtüşmediğinin farkındadır. Bu yüzden kesin olarak dost olanların, kesin olarak düşman olanların var olduğu gibi dost da düşman da

¹² Zimmerhann, H. J. A.g.e., s.1-14.

¹³ Öztemel, E. (2003). Yapay Sinir Ağları, İstanbul: Papatya Yayınları. 1.Baskı. s.18.

¹⁴ Alan, A. Y. (2003). Nispi Mantık, Germany: International Seminar Group, Ludwigshaven.

¹⁵ İbrahim, A. (2006). Fuzzy Logic for Embedded Systems Applications, İstanbul: Bileşim Yayınları. s.23.

olmayan ya da kısmen dost, kısmen düşman olan insanların var olduğunu düşünür. İnsanları, dost ile düşman arasındaki sonsuz bir aralıkta konumlandırır.

Bulanık mantıksal bir akıl yürütme de buna benzer. Örneğin en düşük 0, en yüksek 50 dereceyi gösteren on bölmeli bir ısı ölçer (*termometre*) aletimiz olsun. Bu cihazın mantık şebekesi şöyle bir T kümesine dayanır: $T=\{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50\}$ Cihazın bölmeleri, bulanık üyelik sistemine göre şöyle anlamlandırılır:

$$Sıcaklık = \{(0,0), (5,1), (10,2), (15,3), (20,4), (25,5), (30,6), (35,7), (40,8), (45,9), (50,1)\}$$

Tablo 1: Bulanık Derecelerin Dilbilimsel ve Matematiksel Karşılığı

Cihaz bölmeleri	Gösterilen dereceler	Dilbilimsel karşılığı	Matematiksel karşılığı
1	0 derece	<i>Kesinlikle sıcak değil (soğuk)</i>	(0.0)
2			
3	10 derece	<i>Az sıcak (Az soğuk)</i>	(0.2)
4			
5			
6	25 derece	<i>Ilık (ne sıcak ne soğuk)</i>	(0.5)
7			
8	40 derece	<i>biraz sıcak</i>	(0.8)
9			
10	50 derece	<i>kesinlikle sıcak (soğuk değil)</i>	(1.0)

Mevcut cihazda gösterge, örneğin 35 dereceyi gösterdiğinde bunun bulanık kümelerdeki değeri 0.8 olarak tayin edilir. 0.8 üyelik değerinin gündelik anlamı ise “çok sığağa çok yakın” olarak tanımlanabilir. Böyle bir tanımlaya izin veren bulanık kümenin elemanlarını bilgilimsel temsilleri ile matematiksel karşılıkları şöyledir: Aradaki dilsel ve matematiksel karşılıkları yazılmayan göstergelerin her biri, derecelenme (*üstünlük*) bildiren nicelik ve nitelik sıfatlarına göre tayin edilebilir. Örneğin 2 numaralı bölmedeki 5 derecelik ısı, “biraz daha soğuk” olarak dilbilimsel bir karşılık alabilir. Görüldüğü gibi bulanık mantık

işlem süreci daha net, kesin ve uygun nitelendirmeler yapmaya, böylece gerçeğe daha uygun kararlar vermeye yarayan bir özelliğe sahiptir. Bu böyledir çünkü bulanık mantığın kendisi değil, karşıladığı olgular bulanıktır.

Bulanık kümelerde alternatifini tümüyle yadsıyan çok az değer vardır. Bunlar üyelik değerinin 0 ve 1 olduğu elemanlarla ilgilidir. Eğer bir elemanın kümeye üyelik derecesi 0 ise bu eleman kümeye kesinlikle ait değil demektir. Bulanık kümeler, ayrıntılandırılmış elemanlar içerirler. Her bir olgu, detaylandırılarak modellenir. Tam bir tanımlama yapmayan bulanık kümenin üyelik değerleri, uzmanların tayin ettiği alt ve üst sınırlar arasındaki her elemanı içerir, yalnızca belli dereceli değerlerle. Örneğin, bir basket takımında kısa boyluları 1.60 (-) cm olarak kabul edelim. Uzun boyluları ise 1.80 (+) cm olarak tanımlayalım. Boyu 1.59 olan bir kişiye kısa boylu olarak değil “biraz kısa” boylu olarak tanımlanır. Boyu 1.81 olan kişiye ise “biraz uzun” boylu olarak tanımlama yapar ve bulanık kümeyi bu şekilde oluşturur.

1.2.2. Bulanık Mantık Kavramı ve Onun Tanımı

Klasik (*Geleneksel de diyebiliriz.*) küme kuramındaki küme kavramı, bir elemanın kümenin elemanı olması ya da olmaması gibi iki seçenekli özellik taşır. 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından geliştirilen bulanık mantık kuramı ise elemanların üyelik derecesine sahip olduğu küme kavramını önerir. Bazı uzmanlara göre “bir çeşit çok değerli küme”¹⁶ olan bulanık kümelerde elemanlar, “Ya üyedir ya da üye değildir.” biçimindeki kısıtlanmış ikili doğruluk değerini yadsır. Bunun yerine, bir elemanın söz konusu kümeyle hangi derecede ilişkili olduğunu kendine konu edinir ve 0 ile 1 arasındaki sonsuz değerlerden birini elemana üyelik katsayısı olarak tayin eder. Bu anlamda bulanık küme, elemanlarının kümeye aidiyet derecelerinin ya 1 ya da 0 olmadığı, bu iki değer arasında çok farklı değerler aldığı bir kümedir.

Bulanık mantık, “Dereceli üyelik değeri yaklaşımla insani düşünme biçimini taklit eder” denilebilir. Örneğin elini suya sokan bir kişi, suyun ısısını kesin ve tam olarak bilemez. Fakat yine de *sıcak*, *az sıcak*, *soğuk*, *çok soğuk* gibi dilbilimsel niteleyiciler kullanarak suyun ısısı konusunda bir karar verebilir. Klasik küme kuramına göre 20-40 derece arasındaki ısıları sıcak olarak tanımlayan bir küme söz konusu olduğunda 19.5 derecelik bir ölçüm veren su, sıcaklık kümesinin üyesi olamaz. Eğer sıcaklık 20 derecenin altına düşer ya da 40 derecenin üstüne çıkarsa bu su artık *sıcak* kümesine ait olmaktan çıkar. Klasik mantığın bu gibi yaklaşık

¹⁶ Beyan, T. Baykal, N. (2004). Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler, Ankara: Bıçaklar Kitapevi. s.105.

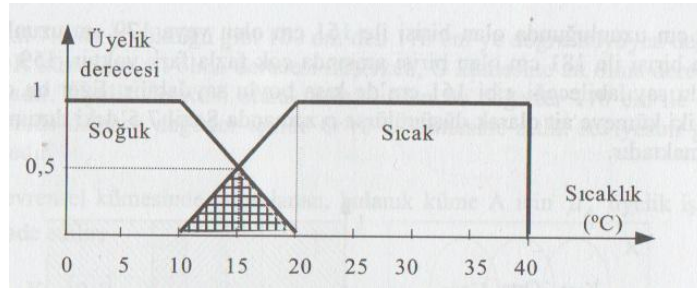
değerleri karşılayacak yapısal bir esneklikten yoksun olduğu, bu yüzden de gerçek olguları aslına uygun biçimde tasvir edemediği görülmektedir. Gerçek dünyada sınırlar kesin değildir, dalgalanmalar ve yumuşak geçişler söz konusudur.

Klasik mantık, evrendeki bütün elemanları, herhangi bir kümenin elemanı olmasını ya da olmamasını öngörür. Fakat gerçek dünyada bu temel yaklaşıma aykırı birçok örnek vardır. Örneğin hayvanlar kümesini ele alalım. Kedilerin, köpeklerin, atların, kuşların veya balıkların hayvanlar kümesine üyeliğinin olduğu; insanların, taşların, akarsuların veya bitkilerin hayvanlar kümesine üyeliğinin olmadığı doğrudur. Klasik kümeler kuramına göre gerçek dünyadaki her bir varlık, hayvanlar kümesinin ya üyesidir ya da değildir. Peki, klasik yasa, bakteriler veya virüsler için de geçerli midir? Bir bakteri veya virüsün hayvanlar kümesiyle üyelik ilişkisi kesin ve net midir? Yoksa onların hayvan olmakla ilişkileri belirsizlik mi içerir? Elmas'ın da belirttiği gibi, gerçekliğe duyarlı bulanık küme tanımları, insan düşüncesinin modellenmesi ve soyut düşünme için önemlidir.¹⁷

Klasik küme ile bulanık mantığın en büyük ayrımı, *keşişim* ilişkisinde ortaya çıkmaktadır. Örneğin *İşini Sevenler* ya da *İşini Sevmeyenler* biçimindeki klasik iki kümenin dışında *İşini Az Sevenler* ya da *İşini Çok Sevenler* gibi daha spesifik ayrımlar içeren alt kümeler de oluşturulabilir. Bulanık mantık kümeleri tam da bu noktada devreye girmektedir. Aşağıda sıcaklıkla ilgili de benzer bir bulanık modelleme yapılmıştır. Şekil 1.3'te görüldüğü gibi, 10 ile 20 derece arasındaki ölçümlerin *ne sıcak ne soğuk* olduğu, başka bir ifadeyle sıcak ile soğuk arasındaki ara bölümü oluşturduğu görülmektedir. Bu durumda 15 derecelik bir ölçümün hem sıcaklık kümesine hem de soğuk kümesine üyeliğinin orta noktada yani 0.5 olduğu görülmektedir. Bu durumda 15 derecelik ısı verisi, hem sıcak kümeye hem de soğuk kümeye üyedir. Bunun dil bilimsel nitelendirilmesi ise “ılık” sözcüğüyle karşılır. 0 ile 40 derece arasındaki soğuk ve sıcak ayrılığı 10 ve 20 derece arasındaki o çizgidir. 10 derece ile 20 derece arasındaki kısmı klasik bir küme, 10 dereceye yakın olanı soğuk, 20 dereceye yakın olanı *sıcak* olarak; bulanık küme ise bu aralığı *ılık* olarak tanımlamaktadır. Bulanık mantığın bu tür özellikleriyle insani düşünmeye daha yakın modellemeler yapmaya imkân sağlamakta olduğu söylenebilir. Şekil 1'de görüldüğü gibi ayrıntıları ve ayrımların tanımlanmasını sağlayan bulanık mantık tam anlamıyla klasik mantığa göre gerçek hayata daha çok yaklaşmayı başardığını düşünebiliriz.

¹⁷ Elmas, Ç. (2011). Yapay Zeka Uygulamaları, Ankara: Seçkin Yayınları. 2.Baskı. s.190.

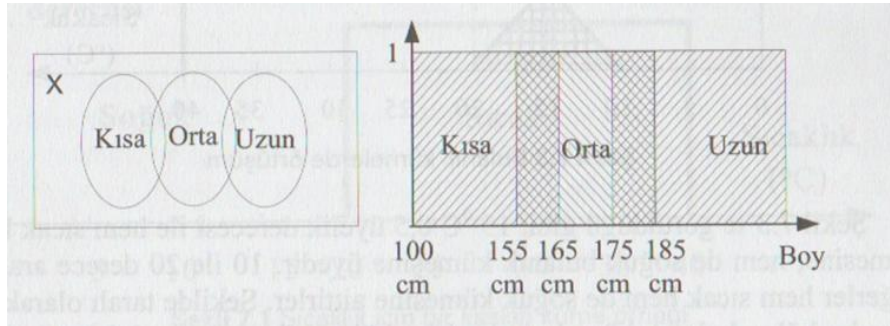
Şekil 1: Bulanık Kümelerde Keşişim



Kaynak: Elmas, 2011, s. 191.

Klasik kümelerde olduğu gibi bulanık kümelerde de *ayrıklık* ve *alt küme* ilişkileri bulunmaktadır. Fakat bu ayrım daha ayrıntılar içeren ve gerçek hayatı daha çok yansıtan ayrımları içinde barındırmaktadır. Klasik kümelerde seçeneklerin aslında daha az olduğunu söyleyebiliriz. Bulanık mantık ise gerçek hayatta olduğu gibi seçenekler ve ayrıntılar daha fazla ifade edildiği düşünülebilir. Örneğin 100 cm ile 155 cm arasında bulunan kişiler *kısa boylu*, 155 cm ile 185 cm arasında bulunan insanların *orta boylu*, 185+ cm olan kişilerin ise *uzun boylu* olarak tanımlayalım. Bu *boy uzunluğu* kümesini, bulanık mantık kapsamında daha da ayrıntılı hale getirmek mümkündür. *Orta boylu* insanları bile *uzuna yakın orta boylu*, *kısaya yakın orta boylu* şeklinde kümelere ayırabiliriz. Gerçek hayatta bazen ayrıntılar tüm gerçekleri değiştirdiğini düşürsek bulanık mantık sistemin aslında makinelerde ne kadar önemli bir yer kapladığını anlayabiliriz.

Şekil 2: Boy Uzunlukları Bulanık Kümesinde Alt Küme ve Keşişim



Kaynak: Elmas, 2011, s. 191.

1.2.3. Bulanık Sistemlerin Gelişimi

Bulanık mantık sistemlerine yapılan yatırımlar, birçok açıdan klasik mantık sistemlerine yapılandan daha kârlıdır. Bulanık mantık sistemleri, hem sibernetik sistemlerin hem de yapay zeka teknolojisinin tasarlanmasına oldukça elverişlidir. Bu bulanık imkan, günümüzde sibernetik ve yapay zeka sistemlerinin hızla gelişmesini sağlamıştır. Bulanık

mantık temelli sistemler, hızlı bir şekilde önce Japonya gibi Doğu ülkelerinde kendini ispat etti, daha sonra da Batı ülkelerinde yaygın bir kabul gördü. Bulanık mantık kolayca anlaşılabilir ve arka plandaki teorileri basittir:

“Esnek olup kesin olmayan verileri, belirsizlik ve olasılık durumlarını, karmaşık ve doğrusal olmayan fonksiyonları uzman görüşüne dayanılarak modelleyebilir ve uzman sistemlerin yeteneğini artırır. Ayrıca bulanık mantık doğal konuşma diliyle modelleme imkanı sağlar.”¹⁸

Bulanık denetim sistemlerinin belirgin özelliklerinden biri de şudur: Bazı olgu veya olayların tasvir edecek sistemin kesin bir matematiksel modellemesi, olgunun doğasındaki değişkenlerin sürekli değişiklik göstermesinden ve belirsizlik içermesinden dolayı yapılamayabilir. Bazı sistemlerde ise modelleme doğru şekilde yapılsa bile elde edilen modelin denetleyici tasarımında kullanımı karmaşık problemlere ve oldukça yüksek maliyete yol açabilir.¹⁹ Örneğin, meteoroloji olaylarını izleyen bazı sistemlerin giriş ve çıkış verileri net olarak belli olmayabilir. İşte bu ve buna benzer nedenlerden dolayı bulanık denetim sistemleri birçok avantajlı tarafı olabiliyor. Denetim algoritmalarının (*denetim mantık şebekelerinin*) her türlü olgu ve sistemde uygulanması mümkün olmayabilmektedir. Örneğin belirsiz, hatalı, iyi tanımlanmamış, zamanla değişen ve karmaşık sistemlerde denetleme zordur. Böylesi durumlarda denetleme ya işlevsiz ve verimsiz kalmakta, performansı düşük olmakta ya da denetleme logaritması hiç oluşturulamamaktadır. Eğer mantık logaritmaları kullanılarak mekanik sistemin denetlemesi otomatik olarak gerçekleştirilemiyorsa böyle durumlarda dışarıdan bir denetleyiciye, bir uzman kişinin yardımına başvurulur.

Uzman; *az, çok, pek az, pek çok, biraz, biraz çok* gibi günlük dilsel ifadeler kullanarak bir denetleme gerçekleştirir. Bu dilsel ifadeler doğru bir şekilde bilgisayar sistemine aktarılabilirse hem uzman kişiye ihtiyaç kalmaz hem de uzman kişiler arasındaki denetim farkı, göreceli güvenlik ve sistem işleyiş kontrolü ortadan kalkar; denetim mekanizması esnek bir yapıya kavuşur. Bulanık denetleme (*kontrol*) sistemlerinin, insanların gerçek hayatta kullandığı denetleme yol, yöntem ve biçimlerinden esinlenerek meydana gelmiş olduğu düşünülebilir:

“Bulanık denetim sistemleri, insanın herhangi bir sistemi denetlemedeki düşünce ve sezgilerine bağlı davranışları taklit etmeye dayanmaktadır. Dolayısıyla insan,

¹⁸ Beyan, T. Baykal, N. (2004). Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Ankara: Bıçaklar Kitapevi. s.42.

¹⁹ Elmas, Ç. A.g.e., s.186.

bir sistemin bulunduğu gerçek durumdan istenilen duruma götürmek için sezgilerine ve deneyimlerine bağlı kalan bir denetim stratejisi uygulayarak amaca ulaşır.”²⁰

İnsanların, sezgilerine de başvurarak hassas bir denetleme yaptığını dikkate aldığımızda bulanık denetleme sistemlerinin makinelere uyarlanması, makinelerin insan gibi denetleme yapma, çözüm üretme ve sonuçlara ulaşma becerisine sahip olmasını sağlayabilir. Bu da yapay zeka alanında bir adım daha atmak demektir.

Bulanık mantık temelli sistemlerin matematiğin gerçek hayata tatbikini sağlayan sistemler olduğu söylenebilir. Gerçek hayat dinamik, devingen ve değişkendir; sürekli oluş halindedir. Tümüyle statik hiçbir sistem yoktur. Tüm sistemler entropinin baskısı altında sürekli değişmektedir. Tüm sistemler bu açıdan dinamik ve etkileşimlidir. Bu yüzden de gerçek hayatta sürekli değişen durumlar, sürekli farklı sonuçlara yol açmaktadır. İnsan, deneyim, mantık ve sezgilerini kullanarak feed-back mekanizmasını kullanan sibernetik bir sistem gibi çevreyle etkileşimli dinamik varoluşunu sürdürür. Bulanık mantık paradigması, farklı bir açıdan düşünüldüğünde, makinelere insanların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Makinelere bu yeteneği kazandırmak için sayılar, semboller ve sözel ifadelerine başvurur; yeni ve dinamik logaritmlar üretir. Sözel önermelerin ve içsel deneyimlerin logaritmalarda tasvir edilebilmesi için matematiğin gücüne başvurulur. Bu dinamik logaritmalarda temel, bulanık mantık kümelerine dayanan bulanık paradigmadır.

Bulanık mantık şebekeli teknolojiler, insani düşünme ve karar verme süreçlerine benzer biçimde karar verebilmeye yönelik tasarlanmıştır. Bulanık mantık ve onun temelinde geliştirilen tüm sistemler, karşılaştığı verileri değerlendirerek en hassas sonucu üretmeye çalışmaktadır. Bu hassasiyet (*certainty/kesinlik*) arttıkça makinelerin insan gibi karar verebilme yeteneği de artmaktadır. Gerçek hayatta karşılaşılan bazı olaylar, kendi içerisinde yeni veriler üretir. Hatta bazı gerçek süreçlerin başlangıç koşulları ile sürecin sonunda ulaşılan nihai sonuçlar arasındaki büyük büyük farkların olduğu, başlangıç koşullarından hareketle böyle bir sonun öngörülemediği, bu yüzden de başlangıç koşullarıyla sonuçların birbiriyle örtüşmediği gözlenmektedir. Bunlar kaotik sistemlerdir. Kaotik sistemlerle karşılaştıklarında insanlar, o zaman kadar sahip oldukları bilgi ve tecrübelerinden yararlanırlar fakat karar verirken daha çok sezgilerine başvururlar. İşte bu sezgiler meselesi, bir makine ile bir insanı

²⁰ Elmas, Ç. A.g.e., s.186.

birbirinden ayıran noktadır. Hamza A. Dalgaldere'nin *Dr. House* dizisindeki yaratıcı sezgiyle ilgili şu çözümlemeyi inceleyelim:

*“Dr. House kurgusal bir karakter, gerçekte hiç var olmamış, detayları dahice fark edip, olacıklara ait olasılıkları önceden sezerek düğümleri çözen Sherlock Holmes karakterinden esinlenerek yaratılmış bir kurgu. Ancak insana ait çok önemli bir kavramın, ‘yaratıcı Sezgin’in ‘akıl’ ile birleşerek yarattığı mucizeleri kimi zaman gözyaşı dökerek seyrederken Gregory’nin gerçek olmasını; bir gün etrafınızdaki doktorlar çaresizce çırpınırken bir sevdiğiniz hastalığın pençesinde öylece tükenmesin diye Gregory’i gidip bulmayı diliyorsunuz.”*²¹

İnsanları makinelerden ayıran en önemli özellik şüphesiz ki sezgidir. Sezgimiz sayesinde, verileri ve ihtimalleri bir kenara bırakıp kesin öngörülerde bulunabiliriz. Sezgi, insanı gerçeğe götüren bir yetenektir. Bazı akıllı sistemler sezgisel nitelikler taşırlar. Bulanık denetleyiciler, insan gibi en optimal sonuçları öngörebilir, en olası seçeneği aktif hale getirebilir. Ayrıca bulanık denetleyiciler, ekonomi sektöründe hammadde ve sermaye olarak tüm karar verme kategorilerinde birçok avantaj sağlamaktadır. Bulanık mantık sistemlerinin bu kadar temelli, hızlı ve etkili gelişim evresine girmesini sağlayan, bulanık mantığın bu denli önemli olmasını sağlayan şey, Zadeh'nin ifadesiyle “insanları gerekli olmayan dakik (*kesinlikçi*) anlayışla iş yapma mecburiyetinden kurtarmasıdır.”²² Bulanık mantığın yaptığı işi, klasik mantık sistemleriyle de yapmak mümkündür fakat zaman, emek ve gerçekliği tam tasvir açısından bulanık mantığın sağladığı avantaj, onun üstünlüğüdür. Veri, enformasyon ve bilginin bu denli çoğaldığı ve arttığı bir yüzyılda klasik bilgi işlem araçlarıyla mevcut verinin işlenmesi mümkün görünmemektedir. 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 kelimeler ile yapmak istediklerini yaptırabilirler.”
(Samed, 2000:136)²³

Bulanık mantık temelli yapay zekaya sahip makineler, insani hataları ortadan kaldırarak daha hassas çözümler sunar. Örneğin insanlar fiziksel olarak yorulabilir, önemli ayrıntı ve problemleri unutabilir, hatırlamakta zorlanabilir, zamana bağlı olarak belleğe kaydetme

²¹ Dalgaldere, H.A. (2013). Dr. House ve Yaratıcı Sezgi. İ.Ü. *ENF Degisi*, Sayı:5.

²² Samed, A.g.e., s. 136.

²³ Işıklı, Ş. A.g.e., Sayı: 17, ss.101-120, s. 9.

konusunda sınırlıdır, çok miktarda veriyi işlemek konusunda güçsüzdür. Yaşayan belleğin hafızasında tutacağı bilgi miktarı sınırlıdır. Ayrıca karar vermekten kaçındığı, sonuçlarını üstlenmek istemediği durumlar söz konusudur. Ayrıca Beyan ve Baykal'ın belirttiği gibi, “*insan uzmanlar yalan söyler, kaybolur ve ölebilirler.*”²⁴ Bulanık mantığın hassas hesaplama sistemlerinde (örneğin soft computing/çevik hesaplama) kullanılmasıyla bu ve buna benzer insani engeller ile bazı önemli güncel sibernetik sorunların yakın gelecekte etkili biçimde çözülebileceği düşünülmektedir. Bazı bilim insanlarına göre, bu sayede makineler insanlardan daha iyi sonuçlar elde edebileceklerdir

Bulanık mantık sistemlerinin genel özellikleri belli başlı maddeler altında toplanabilir. Bulanık mantığın mucidi Lotfi Zadeh, onun genel özelliklerini şöyle tanımlamıştır:

- i. Bulanık mantık, kesin ve eksiksiz veriye dayalı akıl yürütme yerine, yaklaşık akıl yürütme biçimi kullanılır. Bulanık mantık, tam olarak bilinmeyen veya eksik girilen bilgilere göre işlem yapma yeteneğine sahiptir.
- ii. Bulanık mantıkta her bir yargı, 0 ile 1 arasındaki sonsuz sayısal değerden biriyle temsil edilir.
- iii. Bulanık mantıkta bilginin *büyük, küçük, çok, az* gibi dilbilimsel karşılıkları vardır.
- iv. Bulanık mantık, sözel önermelerle işlem gerçekleştirebilir. Bulanık çıkarım işlemi, dilbilimsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- v. Her mantıksal sistem, bulanık mantık sistemine dönüştürülebilir.

Bulanık mantık, fen bilimleri ve sosyal bilimlerde oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. İlk önce ekonomik getirisi göz önünde bulundurularak sanayide denetleme sistemi olarak kullanılmaya başlanan bulanık mantık, sağladığı emek, zaman, para, doğruluk, uygunluk, işe yararlık, problem çözme gibi avantajlı özellikleri nedeniyle hızlı bir şekilde bilim disiplinleri arasında, özellikle teknolojiye yoğun bir şekilde tatbik edilmeye başlanmıştır. Örneğin günümüzde piyasada bulanık mantık şebekeli pek çok otomotiv ürünü bulunmaktadır. Otomotiv sektöründe; ısı, elektrik akımı, sıvı gaz akımı denetimi, kimyasal ve fiziksel süreç denetimlerinde kullanılmaktadır. Buralarda klasik değil, bulanık mantık tercih edilmektedir. “*Bulanık mantık yaklaşımının kullanıldığı sistemler klasik sistemlere göre daha etkin ısı ve hız denetimi yapabilmektedir. Ayrıca enerji tasarrufu sağlanmakta ve aygıt ömrü uzamaktadır.*”²⁵

²⁴ Beyan, T. Baykal, N. (2004). Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler, Ankara: Bıçaklar Kitapevi. s. 291.

²⁵ Elmas, Ç. (2011). A.g.e., 2.Baskı. s.188.

1.2.4. Bulanık Denetleyicilerin Avantajları ve Dezavantajları

Olasılık hesaplarında (*ihtimaliyet kuramı*) kesin olarak öngörülemeyen durumlar söz konusudur. Bulanık kümelerdeki olasılık ise biraz farklıdır. Bulanık kümelerde uzmanların görüş ve tecrübeleri söz konusudur. Olasılık sayısının işlenmesi zor olacak kadar çok olduğu durumlarda söz konusu olduğunda uzman kişilerin görüşleri, sezgileri, kararları daha önemli hale gelir. Olasılık durumlarında ortaya çıkacak sonuç verisi, bilimsel anlamda kesin bir öngörü değildir. Ancak bulanık mantık bu tür olası durumlar için tespit edilebilir bazı belirsizlikler tayin eder. Bazı özensiz kullanımlarında bulanıklık ile olasılık aynı şeymiş gibi sunulabilmektedir fakat ikisi arasında önemli ayrımlar vardır. “*Olasılık ile bulanıklık arasındaki en önemli ve temel farklılık bulanıklığın tespit edilebilir belirsizlik olmasıdır.*”²⁶ Bu ayrımı aşağıdaki, Elmas’ın verdiği “içi sıvı dolu şişe örneği” ile ilgili tespitlerde görebiliriz:

- i. Şişenin içindeki sıvı %50 *ihtimalle* saf sudur.
- ii. Şişenin içindeki sıvı %50 *oranında* saf sudur.

Bu ifadelerden birincisi, iki *olasılığı* dile getirir: 1. Şişenin içindeki sıvının tamamı *saf sudur*. 2. Şişenin içindeki sıvının tamamı *saf su değildir*. İkincisi ise bulanıklık ifade eder ve kesin bir derecelenmeyi dile getirir: Şişenin içindeki sıvının %50’si kesinlikle saf sudur.

Rastlantısallık ile bulanıklık arasında da kavramsal farklılıklar vardır. Rastlantısal (*random*) sistemlerde sonuç, herhangi bir değişkene bağlı olmadan rasgele alınırken bulanık (*fuzzy*) Sistemlerde, en az bir giriş değişkenine ve uzman kişinin deneyimlerine bağlı olarak alınmaktadır. Bunun yanında her ikisi de bazı yönlerden birbirine benzemektedir. Her ikisi de 0-1 aralığındaki, tam sayı olmayan kesirli değerlerle tespit edilir.

Denetleme ve denetleyici kavramlarını klasik ve modern mantık çerçevesinde incelenir. Klasik mantıkla her ne kadar aynı iki değerli temel yapıya ve çıkarım biçimine sahip olsa da modern mantık, matematiksel ve simgesel yapısıyla bulanık mantığa daha yakındır. Modern mantığın, klasik mantık gibi amacı aynıdır. Her ikisi de geçerli çıkarıma ulaşmak ister.

Denetleme; analogik, tümdengelimsel veya tümevarımsal akıl yürütmelerin süreç ve sonuç açısından kuralla uygunluğunu, dolayısıyla da geçerli olup olmadığını belirleme işlemidir. Geçerli çıkarımları geçersiz çıkarımlardan ayırt etmek, çıkarımların denetlenmesiyle mümkündür. Klasik mantık açısından geçerlilik, içeriksel değil, biçimsel doğrulukla ilgilidir. “Modern mantık, günlük dildeki çıkarımları, matematik diline benzeyen,

²⁶ Elmas, Ç. A.g.e., s.198.

çok anlamlılığa ve belirsizliğe hiç yer vermeyen sembolik bir dile çevirip kesin bir denetlemeyi sağlar.”²⁷ Önergelerin tutarlılığı ve çıkarımların geçerliliği şöyle denetlenmektedir: Bir önermenin tutarlı olması, o önermenin yorumlamalarından en az birinin doğru (D) değeri aldığı anlamına gelir. En az bir doğrulayıcı yorumu olan basit veya bileşik önermeler doğrudur. En az bir doğrulayıcı yorumu olan bileşik önermeler tutarlıdır. Bir önermenin yorumlarının tümü doğru değeri alıyorsa bu *totoloji* olarak adlandırılır. Bir önermenin yorumlarının tümü yanlış (Y) ise o önerme tutarsızdır.²⁸

Çıkarımların geçerliliği şöyle yapılmaktadır: “Çıkarımın iki öncülü tümel evetleme eklemiyle (A) birbirine bağlanır. Elde edilen tümel evetleme önermesi koşul eklemiyle (=>) sonuç önermesine bağlanır. Elde edilen koşul önermesinin doğruluk tablosuyla geçerli olup olmadığı denetlenir. Koşul önermesi geçerliyse çıkarım da geçerli demektir.”²⁹

Sistemlerin denetlenmesi, çok eski bir çabadır. Kullanılan enerji veya güç kaynağı ne olursa olsun denetleme teknolojik üretimin ana meselesi olmuştur. Denetleme, sistemlerin oluşturulma aşamasında dikkate alınması gereken önemli bir test aracıdır. Bir sistem oluştururken bu sistemin doğru çalışıp çalışmadığını tespit etmek, sistemin yol açtığı hatalı çıktıları en aza indirmek için gereklidir. Gündelik akıl yürütme veya çıkarımların denetlenmesi için matematiksel veya mantıksal modellere ihtiyaç yoktur. Gündelik akıl yürütmedeki kusurlar, yeterince karmaşık olmadığından ileri sembolik denetleme sistemlerine başvurmaksızın fark edilir. Fakat doğa, bilim ve teknoloji sistemlerinin mantıksal süreçleri ve çıktıları için daha karmaşık denetleme kurallarına, çoğu zaman bunlar matematiksel birer modeldir, gereksinim duyulmaktadır. Burada, sistem ile neyin kastedildiği daha açık hala getirilmelidir:

“Sistem, bir bütün oluşturacak şekilde karşılıklı olarak birbirlerine bağlı elemanlar toplamıdır. Fiziksel olarak bir amaç için hazırlanmış, bir bütün olarak hareket eden, etkileşimli ya da ilişkili fiziksel elemanlar bütünüdür.”

Fakat bazı sistemlerin matematiksel modelini oluşturmak zordur, bazen de mümkün değildir. Derecelerine bağlı olarak dinamik veya karmaşık sistemleri iki değerli klasik veya modern mantıksal yapılar kullanarak tasvir etmek ve modellemek görece zordur. Denetleme, modelleme işleminin neredeyse doğal bir parçası olduğundan bu tür sistemleri denetlemek de güçleşmektedir. İşte tam bu noktada bulanık mantık denetleyicileri açık bir seçenek olarak karşımıza çıkar. Teknolojik sistemlerde denetim, “bir değişken ya da değişken topluluğunun önceden tanımlanmış koşullara uyumunu

²⁷Çoşkun, M.K. (2004). Mantık 1-2, Ankara: MEB Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü Yayınları. s.3. ss.65.

²⁸ Çoşkun, M.K. A.g.e., s.3. ss.78.

²⁹Yıldırım,Ö.http://www.felsefe.gen.tr/mantik/cikarimlarda_gecerlilik_nedir_cikarimin_gecerliliği_nasil_denetlenir.asp, Erişim Tarihi: 04.10.2014.

sağlamaya yönelik işlemler”³⁰ olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde otomatik üretim sistemlerinin neredeyse tümü elektronik biçimde denetlenmektedir. Helikopterler, uçaklar, gemiler, çamaşır makineleri gibi bazı cihazlar denetlenecek şekilde tasarlanmıştır. Bunların yanında atmosfer olayları, örneğin hava kirliliği ya da hava durumu gibi sistemi oluşturan temel önermelerinin, başka bir ifadeyle değişkenlerin henüz tam olarak belirlenmemiş olduğu yapılar da söz konusudur.

Açık veya yarı açık sistemlerin denetlenmesi, klasik mantıksal biçimde yapılandırılmaz. Böylesi sistemlerde bulanık mantık denetleyicileri önemli rol oynar. Bulanık denetim, Beyan ve Baykal’a göre, “denetim kurallarının doğal dildeki kelimelerle ifade edildiği bir denetleme strateji oluşturulmak isten[diğinde]” gündeme gelir. Bulanık kümeler kuramının ve bulanık paradigmanın en önemli uygulama alanı olan bulanık denetim, “*bulanık kuralların doğrudan uygulandığı*” bir alandır; “*matematiksel eşitliklerden çok, cümlelerle denetim*” diye tanımlanır. Otomatik denetleme sistemi olarak bir bulanık denetleyicideki en temel parçanın, “*bulanık bilgiye dayalı sözel denetim stratejisi kümesi*” olduğu açıktır.³¹ Otomatik bulanık denetleyiciler ilk kez 1975 yılında, Ebrahim Mamdani tarafından İngiltere’de bir buhar makinesinde kullanılmıştı.

Bulanık paradigmanın, klasik paradigmaya göre bazı avantaj ve dezavantajlara sahip olduğu görülmektedir. “*Bulanık denetim sistemlerinin klasik deneticilere göre avantajları paralel veya dağıtık denetim, sözel denetim, güvenilir denetim sağlamasıdır.*”³² Bir elektronik denetleme sisteminde, denetleme işlemlerinin önemli bir kısmını dilsel niceleyiciler (dilbilimsel değişkenler) oluşturmaktadır. Doğrusal (*lineer*) ve zamana göre değişmeyen (*invariant*), ritmik sistemlerin matematiksel modellemesi kolay ve elverişlidir. Fakat etkileşim halinde olduğumuz sistemlerin önemli bir kısmı doğrusal değildir (*non-lineer*) ve zamana göre değişkenlik özelliği (*variant*) gösterir. Bu tür dinamik veya kaotik sistemlerin matematiksel olarak modellenmesi ve denetlenmesi çok zordur.

Bilim insanları onları tasvir etmek, modellemek ve denetlemek için matematiksel modele ihtiyaç duymayan bulanık denetleme sistemini tercih ederler. *Doğrusallık ve zamana göre değişmek* kavramları, sistem girdi sayısı kesin olarak bilenemeyen ve girdi değeri net olarak tespit edilemeyen, sayıca çok fazla olan, sistemin işleyiş öğrenilmiş belli kurallarının olmadığı düzensiz sistemler kastedilmektedir. Eğer bir sistemin olasılıkları ve değişkenleri sabit ve değişmiyorsa, yani sistem *lineer* ve *invariant* ise klasik mantık ile daha başarılı stratejiler oluşturmaya uygundur. Fakat eğer bir sistem önceden bilinmeyen bazı olasılıklar içeriyor ve bu olasılıkları çok fazla sayıda ise bulanık mantık denetleme sistemleri her zaman daha avantajlı olacaktır.

³⁰ Beyan, T. Baykal, N. A.g.e., s.332.

³¹ Beyan, T. Baykal, N. A.g.e., s.345.

³² Beyan, T. Baykal, N. A.g.e., s.346.

Bulanık mantık uygulamalarında kurallar, uzman deneyimlerine dayanarak tanımlanmaktadır. Üyelik fonksiyonlarını ve bulanık mantık kurallarını tanımlamak görece zor bir işlemdir. Üyelik işlevlerinin değişkenlerinin belirlenmesinde tek ve kesin bir yöntem henüz yoktur. En uygunu, zaman alıcı olsa da deneme-yanılma yöntemidir. Uzun testler yapılmaksızın ne kadar üyelik işlevine ihtiyaç duyulduğunu önceden kestirmek mümkün değildir. Bütün bunlar elbette bulanık sistemlerin ve denetleyicilerin inşasında, hesaplama, maliyet ve kuralların tanımlanma süresini ve optimizasyon gibi sorunlar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu zahmetli süreç göze alınıp bulanık sistem ve denetleyici inşa edildikten sonra verimlilik ve kâr, klasik sistemlerle kıyaslanamaz bir avantaj sunmaktadır. Bulanık sistemlerin olumsuz yönleri “*hesaplama, maliyet, kural tanımlama güçlükleri ve optimizasyon problemleri*” olarak sıralanmaktadır.³³

Bulanık sistemlerde üyelik değişkenler, sisteme özgüdür. Bir bulanık sistemin üyelik işlevleri değişkenlerini, başka bir bulanık sisteme uyarlamak görece zordur.³⁴ Bulanık mantık sistemlerinin gözlemlenebilirliği ve denetlenebilirliği çok zor olduğundan dolayı bazı akıllı sistemlerde kullanılan uygulamalar başka sistemlerde işlemeyebilir. Bu durum, bulanık mantık sistemlerinin daha hızlı gelişmesi ve yayılmasını engellediği söylenebilir. Bulanık mantık sistemleri bir nevi ayrıntılar ve bu ayrıntılar ile daha doğruya ulaşma uygulamaları olduğundan bir sisteme uygulanan mantık diğer sistemlere uygulanamamaktadır. Örneğin bulanık mantık temelli yapay zekâ üzerine kurulmuş robot doktorlara uygulanan sistemler, farklı bir sektörde kullanılacak olan robot sistemlerine uygulanamaz. Çünkü robot doktorlara yüklenen verileri ve uzman deneyimleri başka amaçlarla kullanılan robot sistemlerinde çalışmaz.

1.3. MANTIKA KLASİK VE BULANIK AYRIMI

1.3.1 Mantık Kavramı ve Mantığın İlkeleri

“Mantık” sözcüğü, Arapça da *söylemek, konuşmak, dile getirmek* anlamlarına gelen “ntk” (*netaka veya nutk*) kökünden türetilmiştir. Sözcüğün Batı dillerindeki karşılıkları ise Grekçe “logos” sözcüğünden gelir. Almancada *logik*, Fransızcada *losique*, İngilizcede *logics* biçiminde yer alır. Grekçe logos sözcüğü; *söz, konuşma, düşünme, yasa, ilke* anlamlarına gelir. Türkçe de ise “logos” sözcüğünün içerdiği bu anlamlardan yalnızca “söz” ve “konuşma” anlamını karşılayan Arapça “nutk” sözcüğünden türetilmiş “mantık” biçiminde yer

³³ Beyan, T. Baykal, N. A.g.e., s.346.

³⁴ Elmas, Ç. A.g.e, 2.Baskı. s.198.

almaktadır.³⁵ Etimolojik kökenine uygun olarak mantık, “düzgün düşünme”, “ilkeli düşünme” tarzının adıdır. Aristoteles mantığı, doğru düşünmeyi sağlayan alet olarak tanımlamaktadır. Genel anlamda mantık ise doğru düşünmeyi sağlayan ilke ve yöntemlerin bilimi olarak tanımlanmaktadır. Mantık kelimesinin Grekçe karşılığı olan “logos” sözcüğünün anlamlarına bakıldığında mantığın düşünme ve dil (söz) arasındaki bağlantısı açıkça görünür olur. Mantık, alan literatüründe şöyle tanımlanır:

*“Mantık, doğru düşünme kurallarının ve formlarının bilgisidir. Mantık, düşünme yasalarının bilimidir. Mantık, dilsel ifadelerin, dile getirmenin, dilsel anlatımların formel koşullarının öğretisidir. Mantık, doğru önerme formlarının, kesin ifade kalıplarının kuramıdır.”*³⁶

Klasik tanımıyla mantık “düşünmenin yasalarının Bilim’idir. Düşünme yasaları ise değişmez ve temel olan özdeşlik ilkesine dayanır. Özdeşlik ilkesinden çelişmezlik ve üçüncü halin imkansızlığı ilkesi elde edilir. Aristoteles’in formüle ettiği biçimde mantık, bu temel düşünme ilkelerine uygun akıl yürütme ve çıkarımları konu edinir. 18. Yüzyılda Leibniz, düşünmenin ilkeleri arasına, doğa bilimi ve nedensellik ilkesine duyulan güvenin bir sonucu olarak yeter-sebep ilkesini eklemiştir.

Özdeşlik ilkesi, bir şeyin yalnızca kendisi olduğunu söyler; “*A, A’dir*” biçiminde formüle edilir; “*A→A*” biçiminde sembolleştirilir. Özdeşlik, tüm akıl yürütme ve düşünme süreçlerimizde geçerli bir ilkedir. “Ben, benim” biçimindeki kişinin kendini bilmesini, kendinin, sezgisel olarak bile olsa başkası olmadığının farkına varabilmesi özdeşlikle mümkündür. Örneğin bir sistemde A kapısı “açık” olarak tanımlanmışsa sistem, A kapısı “açık değilmiş” gibi davranamaz. A kapısının açık olduğu tüm süreçlerde göz önüne almalı, her zaman kapının açık oluşuna göre işlem yapmalıdır.

Düşünme süreçlerinde özdeşliğin yitirildiği durumlar psikolojide anormallik (hastalık) olarak nitelendirilmektedir. Bir akıl yürütmenin başında bir kavrama verilen anlam ne ise akıl yürütme sonuna kadar anlam aynı kalır. O halde akıl yürütme süresince kavramın değişmezliği esastır. Herhangi bir akıl yürütmede zihin bu kurala uyum sağlamazsa o akıl yürütme doğru sonuçlar vermeyebilir. Tek bir zihnin akıl yürütme süresince bu ilkeye nasıl bağlı kalması zorunlu bir şart olarak biliniyorsa başka zihinlerin beraber oluşturdukları akıl yürütme süreçlerinde de bu ilkeye uyulması gerektiği bilinmektedir. İki ayrı birey

³⁵ Özlem, D. (1999). Mantık (Klasik/Sembolik Mantık, Mantık Felsefesi), Ankara: İnkilap Yayınları. 6 Baskı. s.28.

³⁶ Özlem, D. A.g.e., s.29.

diyaloglarının başında bir kavrama verdikleri anlam diyaloglarının sonunda değişirse bu tartışması zor olan bir akıl yürütme hatasına yol açar.

Çelişmezlik ilkesi, bir şeyin hem kendisi hem de kendi olmayan olamayacağını söyler; “ $\sim(A \wedge \sim A)$ ” biçiminde sembolleştirilir; “*Hem A hem de A-olmayan doğru değildir.*” biçiminde dile getirilir. Bu, herhangi bir hüküm çelişği ile yan yana bulunamaz, demenin başka bir söylenişidir. İki çelişik ifadedden yalnızca biri doğru olabilir; bunlardan biri doğru olarak kabul edildiğinde diğer zorunlu olarak yanlış diye kabul edilmelidir.

Klasik mantığın sık eleştirilen temel ilkesi çelişmezlik olduğu görülmektedir. Çelişmezlik ilkesinin her önerme için geçerli olmayacağı ileri sürülmekte, örneğin “Oda aydınlıktır” önermesi ile “Oda aydınlık değildir” önermelerinden yalnızca birinin doğru, diğerinin de yanlış olmak zorunda olduğu görüşü eleştirilmektedir. Bu iki önerme çelişiktir fakat karşıt değildirler. Oda alacakaranlık olabilir. Bu durumda oda ne aydınlık ne de karanlık olur.

Üçüncü halin imkansızlığı ilkesi, “Bir şey ya kendisidir ya da kendisi olmayandır, ikisi arasında üçüncü bir hâl yoktur.” biçiminde dile getirilir. A ile A olmayan arasında üçüncü bir seçeneğin olmadığını söyler; “ $(A \vee \sim A)$ ” biçiminde sembolleştirilir. Genellikle “X, ya A’dır ya da A olmayandır; üçüncü bir seçenek söz konusu değildir” biçiminde dile getirilir. Buna göre bir önerme zorunlu olarak doğru ya da yanlıştır. Doğru veya yanlışın dışında başka bir değer taşıması mümkün değildir. Örneğin, bir tartışmada Ensar ya haklıdır ya da haksızdır. Ensar aynı anda hem haklı hem de haksız olamaz. Başka bir örnek olarak; bir kabloda elektrik akımı ya vardır ya da yoktur. Aynı anda bir kabloda akım hem var hem yok olamaz. Bir elektrik devresi ya açık ya da kapalıdır.

Bulanık mantığın bu ilkelere bazılarını ihlâl ettiği görülmektedir. Çelişmezlik ile üçüncü seçeneğin reddi iki değerli mantık sistemleri için zorunlu olmasına rağmen, bulanık mantık mantık sistemleri için olmazsa olmaz değildir. Bulanık mantıkta elemanların doğruluk değerleri, elemanın kümeye üyelik derecesine bağlandığından, üyelik derecesi tam sayı olmayıp kesirli sayılar olduğundan kısmen doğru veya kısmen yanlış gibi ara değerler gündeme gelir. Bulanıklığın iki çelişik değer arasındaki belirsizliği ifade ettiği dikkate alındığında bulanık önermelerin ara değerler içerdiği, üçüncü seçeneğin imkansızlığını reddettiği anlaşılmaktadır. Beyan ve Baykal, klasik mantığın ikinci ve üçüncü ilkelerinin bulanık mantık tarafından ihlâl edilmesini şu ifadelerle ilginç bir biçimde değerlendirmektedirler:

“Üçünçünün olmazlığı ilkesinin reddedilişi, İngiltere ile İskoç yasaları arasındaki farka benzer. İngiltere yasalarında sanık, suçlu ya da suçsuz bulunmalıdır. İskoçya’da ise bu iki seçeneğin dışında bir de kanıtlanamamış seçeneği bulunmaktadır. Bu karar kişinin gelecekte aynı suçtan yargılanmasına izin verirken, İngiltere yasaları bu şekilde bir yeniden yargılanmayı engeller.”³⁷

Aristoteles’in formüle ettiği biçimde klasik mantık ve onun sembolleştirilmiş halini ifade eden modern sembolik mantık, “doğru” veya “yanlış” kriterlerine göre akıl işlem yapar. Düşünmenin oluşumu ve düşünülmüş olan düşüncenin içeriği ile ilgilenmeyen mantığın en genel ve kesin tanımı şöyledir: *Mantık salt, asal ve bağımsız bir disiplindir.*³⁸

Bir düşüncenin, örneğin önermenin içeriği ile kastedilen şey, önermenin dile getirdiği anlamı, karşıladığı olgudur. Mantık, önermelerin içerikleriyle ilgilenmez. Örneğin “Masa elmadır” ifadesi mantık açısından bir önermedir. Özne ve yüklem, yargı bildiren “-dır” ekiyle birbirine bağlanmıştır. Bu önermenin içeriği nesnesine uygun düşmemektedir. Fakat yine de mantık açısından bu önerme, başka anlamlı veya anlamsız önermelerle ilişkili hale getirilip bir çıkarımda kullanılabilir. Burada mantığın “salt” ve “biçimsel” niteliği ortaya çıkar. Doğru bir önerme, dile getirdiği yargının, tasvir ettiği gerçekliği tam karşılamasıyla ilgilidir. Örneğin “Masa, cansızdır” önermesi doğru, “Masa elmadır” önermesi yanlıştır.

1.3.2. Akıl Yürütme (Uslamlama/Çıkarım) ve Geçerlilik

Akıl yürütme en az iki düşünce arasında, bu düşüncelerden birinin öbürünün kanıtlayıcı olarak ele alıp burandan bir sonuca ulaşmaktır. Bir başka deyişle, akıl yürütme, kanıtlama, ispat dediğimiz bir düşünme işlemidir. İnsan akıl yürütme işlemini gerçekleştirirken elinde bulunan olasılıkları, kendi kapsamındaki bilgiler ve deneyimler ışığında süzgeçten geçirerek sonuca ulaşmaya çalışır. Akıllı yürütme genel geçer kurallar kapsamında olduğu zaman aynı sonuçları doğurabilir. Fakat her kişinin akıl yürütme süreci farklı olabilir. Bu durum kişinin genetik algoritmasından, kişilik özellikleri ve yaşadıklarına kadar birçok etmene göre değişir. Doğan Özlem’in akıl aşağıdaki örneği inceleyebiliriz. Aşağıdaki örnekte gördüğümüz gibi bir akıl yürütme gerçekleşirken birden fazla önerme söz konusudur. Akıl yürütmede önermeler arasında gerçekleşir. Bütün insanlar akıllıdır. Önermesinde genel bir yargıda bulunuyoruz. İkinci önermemizde o halde, bazı insanlar akıllıdır çıkarımını yapabiliriz. Bütün hayvanlar canlıdır. Maymun bir hayvandır. O halde,

³⁷ Beyan, T. Baykal, N. (2004), Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Ankara: Bıçaklar Kitapevi. s.40.

³⁸ Özlem, D. A.g.e., s.19.

maymun canlıdır çıkarımını yapabiliriz. Görüldüğü gibi en az iki önermenin bulunması gerekmektedir. “Mantığın düşünmenin oluşumu ve düşünülmüş şey olarak düşüncenin içeriği ile ilgilenmediğini bir kez daha anımsatalım. Bir önermenin içeriğinden kastedilen şey o önermenin konusuna (nesnesine) uygunluğu veya uygunsuzluğudur. Buna göre, doğru önerme, dile getirdiği konuyu (nesneyi) gerçekliğine uygun olarak yansıtan; yanlış önerme ise dile getirdiği konuyu (nesneyi) gerçekliğine uygun olarak yansıtmayan önermedir.”³⁹

1.3.2.1. Klasik Akıl Yürütme (Klasik Uslamlama)

Şimdiye kadar insanların, mantık açısından denetlenebilir olan üç tür akıl yürütmeye başvurdukları tespit edilmiştir. Bunlar tümdengelim (*deduction*), tümevarım (*induction*) ve benzeşimdir (*analogious*). Dikkat edilirse yaratıcı düşünme, eleştirel düşünme veya sezgisel düşünme türleri göz ardı edilmektedir. Bunun nedeni, önce belirttiğimiz gibi, mantığın denetlenebilir akıl yürütmeleri konu edinmesidir.

Tümdengelimsel (*deductive*) akıl yürütme, öncüllerinin doğru kabul edilmesi halinde sonucun bu öncüllerden zorunlu olarak çıktığı geçerli tek akıl yürütmedir. Tümdengelimsel akıl yürütmeye şu örneği verebiliriz:

Tüm insanlar iki ayaklıdır. (Öncül)

Ahmet bir insandır. (Öncül)

O halde Ahmet iki ayaklıdır. (Sonuç)

Tümevarımsal (*inductive*) akıl yürütme, tekil gözlem verilerinden hareketle tümel (genel, evrensel) yargılara ulaşmaktır. Örneğin farklı zaman, yer ve miktarlardaki suyu ısıttığımızı, her birinde kaç derecede kaynadığını kaydettiğimizi düşünelim. Eğer gözlemlerimizin her birinde suyun kaynama derecesi 100 olduğunu tespit etmişsek çok sayıdaki gözlemden bir genel yargıya ulaşarak şöyle diyebiliriz: Su 100 C⁰ ‘de kaynar. Doğa bilimlerinin ortaya çıkmasını sağlayan tümevarımsal akıl yürütmeye önem verilmeye başlanmasıdır.

Tümevarımsal akıl yürütme bazı açılardan eleştirilmektedir. Tümevarımla elde edilmiş genel yargı, aslında mantıksal açıdan *zorunlu* değildir. Çünkü elde edilen sonuç önermesi, “gözlem ve deneylerle saptanabilmiş olanı aşmaktadır.”⁴⁰ Örneğin kuzey kutup dairesinde suyun kaç derecede kaynadığı gözlenmediği halde, suyun her yer ve zamanda sanki 100 C⁰ ‘de kaynağı gözlenmiş gibi genel ve kuşatıcı bir yargıya ulaşılmıştır. Bu aslında eksik

³⁹ Özlem. D. A.g.e, 6.Baskı. s.28.

⁴⁰ Özlem, D. A.g.e, s.41.

tümevarımın bir eleştirisidir. Bir türe ait bütün bireylerin incelendiği tam tümevarım için geçerli değildir. Örneğin bir sınıfta öğrencilerin her birinin IQ seviyesi ölçülebilir ve şöyle bir sonuca ulaşılabilir: “Bu sınıftaki öğrenciler normal zekalıdır.” Böylesi bir önerme, elbette kesinlik ve zorunluluk ifade eder.

Analojik (analogous) akıl yürütme, İki farklı şey arasındaki benzerlikten hareket ederek şeylerden birisi hakkında tespit edilen bir özelliğin, diğer şey hakkında da geçerli olacağı kabulüne dayanan akıl yürütme biçimidir. Analojide akıl, parçadan parçaya, tikelden tikele doğru yol alır. Aşağıdaki örneği inceleyelim.

Araplar ve Türkler Orta Doğuludur.

Türkler sıcak kanlıdır.

O halde Araplar da sıcak kanlıdır.

Yukarıdaki örneğimizde görüldüğü gibi, analojide öncüller sonucu zorunlu *kılamamaktadır*. Çünkü iki ayrı şeydeki bir ortak özellikten hareketle o iki şeyden birinde bulunan bir özellik ikincisine de yüklenmektedir ki söz konusu bu özelliğin ikincisinde de bulunması zorunlu değildir.

1.3.2.2. Bulanık akıl yürütme (bulanık usamlama/bulanık çıkarım)

“Klasik mantıkta, verilen önermelerden bir sonuca varmaya çıkarım denmektedir.” Klasik mantıkta önermeler açık seçik, doğruluk değerleri ise kesindir. Bir çıkarımın geçerliliği, sonuç önermesinin öncüllerde zorunlu olarak içerilmesine bağlıdır. Sonuç önermesi, ikinci öncüle bağlı olarak birinci öncülden türetilir. Öncüllerden en az biri, tümel bir yargı içermelidir. Örnek:

İnsan konuşur. (1. Öncül)

Şahin bir insandır. (2. Öncül)

O halde Şahin konuşur. (Sonuç)

1. Öncülde bütün insanların konuştuğu ifade edilmektedir. 2. Öncülde Şahin’inin bir insan olduğu ifade bildirmektedir. Sonuç önermesinde ise Şahin’in insanların genel özelliğini paylaştığı yargısına varılmaktadır. Çıkarım sürecini başlatan ve yöneten aslında ikinci öncüdür. Birinci öncül genelde verilidir. Üstteki örnekte, “insanın konuşan olduğu” bilgisi, zaten elde hazırdır. Amaç ikinci öncülle ilgili bilinmeyen, gizli, saklı olan bir bilgiye ulaşmaktır. Burada bilinmeyen, “Şahin’in konuşan olup olmadığı” bilgisidir. Bu bilgi, ilk öncülde örtük olarak içerilmektedir. İkinci öncül, bulanık mantık çıkarımlarında “veri giriş” sürecine denk gelmektedir.

Çıkarımlar, *doğrudan çıkarım* ve *dolaylı çıkarım* olarak iki ana başlık altında toplanmıştır. Doğrudan çıkarım, tek bir öncülden sonuca geçilen, yani biri öncül diğeri sonuç olmak üzere iki önermeden oluşan çıkarımlardır. Dolaylı çıkarımlar ise en az iki öncül ve bir sonuç önermesinden kurulu yani en az üç önermeden oluşan çıkarımlardır. Özlem'in de belirttiği gibi "klasik mantık çerçevesinde yapılan bu sınıflandırmaların modern mantıkta bazı değişikliklerini uğradığını belirtmekte yarar vardır."⁴¹

Bulanık mantık çıkarımlarında ikinci öncülü oluşturan veri girişleri, "orta", "az", "biraz" "çok" gibi niceliksel mantık değişmezleri içerir. Bu girişler hakkında sonuca varma ve karar verme ancak "**Eğer... o halde...**" türünden çıkarım kurallarının kullanılması ile mümkündür. Örnek:

(**Eğer**) oda soğuksa sıkı giyinirsin. (Kural / 1. Öncül)

Oda biraz soğuktur. (Veri girişi / 2. Öncül)

O halde biraz sıkı giyin. (Sonuç)

Bu örnekten de anlaşılacağı üzere, eldeki gerçeğin verilen bilgiden farklı olması bulanık çıkarımda bir problem teşkil etmemektedir. "**Eğer... o halde...** (*if ... then..*)" türündeki çıkarım kuralının bilgisayarda kullanılan programlama dillerinden yapay zekaya sahip ileri teknoloji robotlara kadar geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Genellikle bu çıkarım sistemi ile birbirini takip eden ileri düşünme evrelerini yönetir. Gündelik çıkarımlarımızın birçoğu bulanıktır. Şu örneği inceleyelim: *Kanayan bir yara var. Eğer kanamaya devam ederse kanı durdurmak için bir şeyler yapmalısın. Eğer kanama kendiliğinden durursa derinin iyileşmesi için merhem sürmelisin. Eğer biraz kanarsa biraz merhem sürmen iyi olabilir. Eğer kan fazla akmaya başlarsa yarayı kapatmaya çalışmalısın.*

Bulanık akıl yürütmeler (*çıkarım*) klasik mantığın temel ilkelerinden en az birini kabul etmez. Bulanık mantıkta çelişmezlik ve üçüncünün olmazlığı ilkelerini şöyle işler:

*"Bulanık küme teorisi siyah-beyaz, ikili klasik küme anlayışının kısmi üyelik derecesi kavramı ile gri ölçeğe genişletilmesi olarak kabul edilebilir. Bu durum klasik yaklaşımın iki ilkesini çelişmezlik ve üçüncünün olmazlığı ilkelerini ortadan kaldırır. Bu durum bulanık kümenin bir elemanının bu kümenin tümleyeni içinde yer alabilmesi anlamına gelir."*⁴²

⁴¹ Özlem, D. A.g.e., s.167.

⁴² Beyan, T. Baykal, N. A.g.e., s.94.

Örneğin, uzun boylular ve kısa boylular iki bulanık küme olsun. Serhat'ın her iki kümeye de üyeliğe sahip olduğu görülür. Örneğin 0.4 üyelik derecesi ile *Uzun Boylular* kümesinin, 0.6 üyelik derecesiyle de *Kısa Boylular* kümesinin elemanı olacaktır. Bu durumda Serhat, birbirinin tümleyeni olan iki farklı üyelik derecesiyle iki farklı kümenin de elemanı olacaktır. Bu durum, çelişmezlik ilkesi ve üçüncünün olmazlığı ilkeleri ile çatışmaktadır.

1.3.4. Bulanık Mantığa Dair Tartışmalar

Bulanık mantıkla ilgili tanıtıcı birçok yazı, bulanık mantık sisteminin doğuşundan bu yana anlaşmazlıklarla dolu olduğunu söylenmekle birlikte bu anlaşmazlıklar tam olarak belirlenmemiş olduğu ifade edilmektedir. En önemli çekince, bulanık paradigmanın bilimle tevili meselesidir. Birçokları, bilimin bulanıklığı değil, kesinliği amaçladığını düşünür. Bu yüzden bulanık mantıktan ziyade bulanıklık kavramına ve bulanık paradigmaya yönelik çekinceler söz konusudur. Buna bağlı olarak *bulanıklık (fuzziness)* kavramının kendisi ayrı bir tartışmanın nesnesi olmuş durumdadır. Bazılarına göre olasılık hesapları, bütün belirsizlikler için kullanılabilir. Bu kişilere göre bulanıklık, “*olasılığın şüphe ile baş edilebilecek en hassas yolu*” veya “*olasılığın kılık değiştirmiş hâlidir.*”⁴³ Bulanık mantığın “*bilimin kokaini*” olduğunu söyleyen William Hakan'a göre bulanıklaştırma bir çeşit bilimsel izin veriş iken Rudolff Kalman'a göre bulanıklaştırmanın bilimsel yöntem alternatif olması akıl alır şey değildir.⁴⁴

Lotfi A. Zaheh'yle çokyönlü mülakatları içeren “Dünya Dâhileriz Yaşayamaz” adlı kitabında Möhbeddin Samed, alanında uzman çok sayıda tanınmış kişinin bulanık mantık ve Zadeh ile ilgili görüşlerine yer vermiştir. Hans Simmerman şunları söylemektedir:

*“Lotfi Zadeh ile 1972’de tanıştım. O zaman uluslararası bir kongrede dikkat çekici bir fikir ileri sürmüştü. Bu fikir o dönem için bilimde hem bir devrim hem de bir yıkım demektir. Bilimde yıkım olmaz denebilir belki ancak kesinlikle bir yıkımdı. Çünkü bu kuram birçok bilim dalında yapay zeka ve sibernetikle ilgili tasavvurları altüst etmekteydi. Bu uluslararası konferanslarda Zadeh yeni fikirlerini açıkladığı döneme kadar, benzer fikirleri ele alanlar işi sonuna kadar götürememişlerdi.”*⁴⁵

⁴³ Ibrahim, A. A.g.e., s.76.

⁴⁴ Ibrahim, A. A.g.e., s.76.

⁴⁵ Samed, M. A.g.e., s. 92.

Bulanık mantığın dünyanın teknoloji alanında ilerleyişine yeni bir çığır açtığını söyleyen bilim insanları gelecekte her sistemin bulanık mantık üzerine kurulacağını savunmuştur. Hatta bazıları bulanık mantığın dünyanın tüm sistemini yeniden yazdığını dile getirmektedir. Bulanıklık, Zadeh ile birlikte ortaya çıkarılmış bir olgu değildir. Örneğin John Godfrey Saxe 1816 yılında şöyle yazmıştı:

“Evet bu Hintli adamlar, bas bas bağırarak, ateşli ve uzun uzun tartışılar, her biri kendi düşüncesini görüşlerini savunsa da sert ve güçlü her biri bir parça haklı olsa da hepsi aslında yanılmaktadır.”⁴⁶

Bulanık mantığın, insana benzer karar verebilme kabiliyetine sahip yapay zeka sistemlerinin yaratılmasında çok önemli araçlar sunduğunu belirten Roland Yager, bulanık kümeler kuramının ve bulanık mantığın, örneğin internette, bilginin iletimi ve paylaşımı için zorunlu olduğunu ileri sürer. Rager’e göre bugün, kararlılık ve inatla fikirlerini sunmaya ve savunmaya devam eden Zadeh’nin eserlerinin meyvelerinden faydalanmaktayız.⁴⁷

Bulanık mantık ile ilgili en önemli amacı ve saptamayı yine kurucusu Lotfi Zadeh yapmıştır. Zadeh’e göre önemli olanın bulanık mantığın amaçlarına ulaşip ulaşmadığıdır. O amaçları ise “bilgisayarların insan gibi düşünmesini ve sözcüklerle hesap yapabilmesini sağlamaktır.”⁴⁸ Zadeh, bulanık mantığın geleceği sorulduğunda ise şunları söylemektedir:

“Benim kristal kürem bulanık. Mistik doğası ve dünyayı değiştirme iddiaları yapılmadı ama belirsizlik ve olasılık arasında ki fark vurgulandı. Şurası bir gerçek ki bilgisayarlar henüz insan gibi düşünemiyorlar. Biz de sözcüklerle hesap yapmıyoruz. Ama bu amaçları gerçekleştirmeye öncekilerden daha yakınız.”⁴⁹

1.3.4.1. “Bulanık (fuzzy)” Sözcüğüyle İlgili İtirazlar

Bulanık mantık ismi üzerine çok defa tartışmalar yaşansa dahi birçok kez aynı sonuca varılmış. “Bulanık” ismi bu mantık sistemi için koyulabilecek en iyi isimdir. L. Zadeh bulanık ismini aslında bir bulanıklığı ortadan kaldırmak için seçtiği düşünülmektedir. Bu konuda birçok bilim insanı tartışmış ve üzerine düşünmüştür.

⁴⁶ Ibrahim, A. A.g.e., s.76.

⁴⁷ Semed, M, A.g.e., s.92.

⁴⁸ Ibrahim, A. A.g.e., s.76.

⁴⁹ Ibrahim, A. A.g.e., s.76.

“Bulanık terimi üzerine eğlenceli tartışmalarımız oluyordu. Firma rica etti ve başka bir ad bulmamızı istedi.” Jens Jorgen Ostergaard.⁵⁰ Bulanık mantık kavramının ilk ortaya çıktığı yıllar “bulanıklık” ismi üzerine çeşitli düşünceler ortaya çıkmıştı. Bulanık kelimesi bulanık mantık sistemini anlatırken sistemin daha iyi anlatılmasını engellediğini düşünen bazı bilim insanları oldu. Böyle düşünen bilim adamlarına göre bu kadar net ve hiçbir bulanıklık barındırmayan bir mantık sistemi için “bulanık mantık” ismi konulması çok anlamsız olduğu düşünmekteydiler. Bu fikrin aksini düşünen bilim insanları ise bulanık isminin çok yerinde olduğu söylemekteydiler. Bulanık mantık, bulanık olan sorunları çözmekteydi ve isminin “bulanık mantık” olması çok yerinde alınmış bir karardı. “Aslında, L.Zadeh’nin “Amprık Bilgisayar Destekli Tasarım Metodolojisi” gibi daha az egzotik bir terim yerine bulanık terimini uygun görmesi onlar için bir şanstı.”

Olasılık teorisi rastgele olayların analizi ile ilgilenen matematik bilim dalı olduğu bilinmektedir. Olasılık kuramının ana öğeleri rassal değişkenler, saf rassal süreçler olarak sayılabilir. Eğer kendini 10 katlı bir binanın tepesinden atan bir adamın hayatını kaybetmesi veya kaybetmemesi üzerine bir tahmin yapmak istersek bunu tek seferde asla yapamayız. Lakin 10 katlı bir binanın üzerinden belirli zaman aralıkları ile kendini atmış 10 adamın ölmesi veya ölmemesi üzerine bir istatistik çıkartırsak olasılık teorisine göre bir çıkarım yapabiliriz. Bulanıklık ile olasılık teorisi üzerine yapılan tartışmalar olasılık teorisinin belirsizliği tüm bakımlardan karşılayamadığı üzerine başlamıştır. “Örneğin, şüphe insanın doğal diliyle birleşmiş esas belirsizlikten doğmaktadır. Olasılık taraftarları buna katılmaz. Lavriolette ve Seaman bu durumu şöyle ifade etmektedir:

“Olasılık, bir olay veya nesne hakkında kişisel şüphenin ölçüsü olarak kavranmalıdır. Olasılık var olan bir şey değildir, pound veya kilogram gibi yoktur. Olasılık var olan kişisel şüphenin ölçüsüdür. Biz bulanık küme teorisi taraftarlarının, olasılıkla çözülemeyen problemleri çözmeye yaklaşımlarını göstermede başarısız olduklarını iddia ediyoruz. Bulanık küme teorisi kesinlikle problemlerin çözümünde kullanılmıştır, ama bulanık küme teorisyenleri, olasılıkla gösterilemeyen belirsiz olayların var olduğunu kanıtlamada başarısız olmuşlardır.”⁵¹

⁵⁰ Ibrahim, A. A.g.e., s.77.

⁵¹ Ibrahim, A. A.g.e., s.78.

Olasılığın insan bilgisini ve deneyimlerini formüle etmek için kullanılabileceği doğru olsa bile ayrıntıların, hiçbir zaman bulanık mantık sistemiyle ulaşılabildiği kadar hassas çözümlere ulaşılamayacağı ve geliştirilemeyeceği düşünülmektedir. Öte yandan bulanık mantığın olasılık kuramına göre daha kısa bir geçmişi bulunmaktadır. Bulanık mantık bu kısa geçmişine rağmen birçok konuda olasılık kuramına göre hızlı gelişim kaydettiği düşünülmektedir. Bulanık küme teori taraftarları olasılık teorisi ve bulanık mantık sisteminin birbirlerini tamamlayan iki ayrı öge olabileceğini fakat birbirlerinden tamamen başka teoriler olduğunu işaret etmektedirler. Bulanıklığın bir olayın olma derecesini ölçtüğünü, olasılık teorisi ise bir olayın olma veya olmama durumunu ölçtüğünü belirtmektedir. Bulanıklık ve olasılık arasında ki en büyük benzerlik şüpheyi (0, 1) arasındaki sayısal değerler ile belirtmesidir.

1.3.4.2. Bulanık Mantığın Bilinen Mühendislik Sorunları

Bulanık mantığın, diğer metodoloji ve teoriler gibi sınırları vardır ve uygulanabilirlik alanları elbette sınırlıdır. Bulanık mantığın sağladığı çözüm, her problem için her zaman en iyi sonuç olmayabilir. Bazı mühendislik sorunlarının çözümleri klasik mantık ve bulanık mantığın işbirliğinde gerçekleşebilir.

Bulanık mantık, çözümü olmadığı bilinen problemleri çözemez. Hiç kimse problemin nasıl çözüleceğini bilmiyorsa, kuralları düşünüp bulamaz ve bulanık mantık ilkeleri uygulanamaz. Her sisteme uyarlanabilecek genel bir matematiksel modelden yoksundur ve her zaman bir uzmanın bilgisine ihtiyaç duyar. Bulanık mantık algoritmasının, problem çözme sırasında ve sonrasında üyelik fonksiyonlarını veya kuralları öğrenme yeteneği yoktur. Özellikle güvenliğin anahtar etmen olduğu durumlarda geniş ölçüde doğrulama ve onaylama gerektirir.⁵²

Mühendislik bakış açısıyla bulanık mantık sistemlerinin asıl amacı insan gibi düşünebilen ve insan gibi karar alabilen hatta insan gibi hayal kurabilen bilgisayarlar ortaya çıkarmak olabilir. Sıradan bir zekaya sahip insanın zekasından daha çok insan düşünce yollarını izleyen makinalar üretmek mühendislerin ve bu konuda çalışan bilim adamların en büyük hayali olabilir. Lakin yukarıda sayılan bazı nedenlerden dolayı bulanık mantık henüz sınırları aşmış olmayabilir.

⁵² Ibrahim, A. A.g.e., s.81.

1.3.4.3. Bulanık Mantığın Felsefi Sorunları

Bulanık mantık, diğer metodoloji ve teoriler gibi sınırları ve uygulanabilirlik alanları mevcuttur. Bulanık mantığın sağladığı çözümler her problem için en iyi sonuçlar olmayabilir. Bazı mühendislik sorunlarının çözümleri klasik mantık ve bulanık mantık işlemleriyle gerçekleşebilir. Fakat her zaman bulanık mantığın daha iyi bir çözüm olduğunu söylemek mümkün olmayabilir. “Bulanık mantığın mühendislik bakış açısıyla sınırlarını şöyle ifade edebiliriz: Bulanık mantık bilinen çözümü olmayan problemleri çözemez; bir uzmanın bilgisini gerektirir. Problemi çözecek bir uzman olduğunda özellikle yararlanır, ama izlenecek matematiksel model yoktur. Hiç kimse problemin nasıl çözüleceğini bilmiyorsa, kuralları düşünüp bulamaz ve bulanık mantık ilkeleri uygulanamaz. Bulanık mantık algoritmasının, problem çözme sırasında ve sonrasında üyelik fonksiyonlarını veya kuralları öğrenme yeteneği yoktur. Özellikle güvenliğin anahtar etmen olduğu durumlarda geniş ölçüde doğrulama ve onaylama gerektirir.”⁵³

Mühendislik bakış açısıyla bulanık mantık sistemlerinin asıl amacı insan gibi düşünebilen ve insan gibi karar alabilen hatta insan gibi hayal kurabilen bilgisayarlar ortaya çıkarmak olabilir. Sıradan bir zekaya sahip insanın zekasından daha çok insan düşünce yollarını izleyen makinalar üretmek mühendislerin ve bu konuda çalışan bilim adamların en büyük hayali olabilir. Lakin yukarıda sayılan bazı nedenlerden dolayı bulanık mantık henüz sınırları aşmış olmayabilir.

1.3.4.4. Bulanık Mantığa Kültürel Yaklaşım: Doğulu ve Batılıların Farklı Yaklaşımları

Aristoteles’in klasik mantığı dünya üzerinde uzunca yıllar hüküm sürmüştür. Senelerce bilim adamları klasik mantık ile birçok olayı ve durumu açıklayabileceklerine inanmışlardır. Yüzyıllarca klasik mantık temelli formüller ile her probleme çözüm bulacaklarına güvenmişlerdir. Seneler önceye dayanan bulanık mantık sistemi ilk olarak Lotfi Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanan bir makale ile gündeme gelmiş. Zadeh’in makalesinden önce ismi bulanık mantık olarak duyulmasa da doğuda birçok bilim adamı bilerek ya da bilmeyerek aslında bu mantık sistemine değindikleri görülmektedir. El cezir ve Farabi’nin geçmişten günümüze gelen birçok yazılı kaynağında bulanık mantık sistemini anlatan örnekleri ve yazıları olduğu görülmektedir. Günümüzde ünlü bilim adamlarından Prof. Dr.

⁵³ Ibrahim. A. A.g.e., s.81.

Zekai Şen, “Her ne kadar batıda teknoloji gelişmiş ise doğuda aslında temelleri atılmıştır. Zamanında Müslüman düşünürler bugünkü batılı bilim adamlarını geliştirmiştir. Mevlana’ya bile baktığımızda ‘ Ne olursan ol ! gel ! ‘ demesi bile doğuda bulanık mantığın çok önceleri ortaya çıktığını görmekteyiz. Geçmişe döndüğümüz zaman özellikle teknoloji dersek; Cizre’de doğan El Cezeri’yi mutlaka hatırlamamız gerekir. Sibernetikten otomasyona kadar birçok konuda eserler verdiğini görmekteyiz. Birçok kitabından bulanık mantığın temellerini attığını okumaktayız.” Ayrıca doğulu bilim adamlarının buluşlarına önem verilerek geri plana atıldığını söyleyen Şen, Aristoteles’in klasik mantığından sonra Kuantum fiziği ile mantığın bulanıklaştığını ve ihtimallerin ortaya çıktığını söylemektedir. Bulanık mantığın geçmişinin çok eski olduğu araştırmalar sonucunda görülmektedir. Yüzyıllar öncesine bakıldığında doğu topraklarında sibernetikten otomasyona kadar günümüzün ileri teknolojisinin temelleri atıldığı gözlenmektedir. Bulanık mantık sistemini ilk olarak Japonya kabullenmiş ve teknolojilerine katkı sağlayarak hatta devrim yaparak kullanmaya başlamıştır. İlk olarak Ebrahim H. Mamdani tarafından bir buhar makinasında uygulanmıştır.

Yılların getirdiği klasik mantık sonrasında 1965 yılında ortaya çıkan bulanık mantık kavramıyla beraber önce doğulu bilim adamlarının ardından batılı bilim adamları da bulanık mantık sistemini kabul ettikleri gözlemlenebilir. Önceleri Japonya’da büyük ilgi gören bu mantık sistemi ile sibernetik sistemler ve yapay zekaya sahip makineler üretilmeye başlandı. Daha sonraları batılı bilim adamları tarafından birçok teknoloji ürününde yer almaya başladı. Apple firmasının ürettiği (iPhone, iPod, iPad, Macbook, v.b) ürünlerde ve bu ürünler için üretilen uygulamalarda kullanıldı. İletişim araçları dahil olmak üzere fotoğraf makinasından çamaşır makinasına kadar akıllı televizyonlardan akıllı arabalara kadar içinde akıllı ibaresi geçen tüm cihazlarda yer alan bulanık mantık temelli cihazlar günümüzde yaşamımızın dört bir yanını kapladığı söylenebilir. Şu sıralar batılı ve doğulu bilim adamları bulanık mantık temelli yapay zekaya sahip cihazların insanoğluna daha yakın olabilmesi için uğraştığı ve en hassas ve ayrıntılara önem veren teknolojiyi keşif etmek için yarıştığı görülebilir. Batı ve Doğu her saniye daha hassas, daha ayrıntıları sezebilen, daha akıllı, daha donanımlı ve daha bulanık mantığı içeren cihazlar üretmenin yollarını aramakta oldukları ifade edilebilir.

1.3.4.5. Bulanık Mantık, Toplum ve Türkiye

Bulanık mantık, günlük hayatta karşılaştığımız birçok olayı veya sorunu kişisel değer yargıları doğrultusundaki kriterlerle ele alır. Örneğin, “Hava sıcak.” denildiğinde birçok kişi kesinlikle hava kelimesinin günlük hayattaki kullanımını anlamaktadır. Ancak “sıcak”

kelimesinin ifade ettiği anlam, bazılarına göre farklı olabilmektedir. İşte, tam bu noktaya “bulanıklık (fuzzy)” denilmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi’nden Profesör Zekai Şen gerçekleştirdiği bir mülakatında bulanık mantıkla ilgili şu cümleyi kurmuştur: “Bulanık mantık yaratanın insan beynine bahşettiği bir mantık sistemidir. Bazılarına göre ayrıntıların mantığıdır, aşırı uçların değil.”⁵⁴

Peki, bulanık mantığın toplumsal yansımaları nasıl olmuştur? Bu soruyu, birkaç açıdan örnekleyerek cevaplamak mümkündür. Örneğin bulanık mantık, bir kişiyi hem sol hem sağ görüşlü olarak tasvir edebilmektedir. Aynı şekilde bir insan, hem iyi hem de kötü olabilir. Yani bir insanı, tamamen kötü veya tamamen iyi olarak tasvir etmez. Fakat günümüzde hem Batı ülkelerinde hem de Doğu ülkelerinde Aristoteles mantığının daha yaygın olduğu görölmektedir. Aristoteles mantığına göre bir şey ya siyahtır ya da beyaz; üçüncü bir ara değer içermesi imkânsızdır. Zıtlıkların mantığı olarak görölen Aristoteles mantığı ile toplumlar birbirlerini ötekileştirmeye başladı. Hatta toplumların kendi içerisinde bile gruplar meydana geldi. Semtler, tutulan takımlar, sevilen arabalar, beğenilen renkler ve birçok zıt taraf meydana gelerek çatışmalar oluştu. Böyle olunca da insanlar birbirlerini yaftalamaya başladı. “Sen dinsizsin, yalancısın, delisin!” Hâlbuki insanoğlunun yapısında zıt duyguların veya düşüncelerin birleşimleri mevcuttur. Bir insanı, “%100 iyi biri” olarak tanımlayabilir miyiz? “Hiç yalan konuşmayan, tümüyle doğru sözlü olan birini” var mıdır? Bu soruların kesin yanıtları bulunmuş durumdadır. İnsanoğlunun içinde iyilik ve kötölük, sevgi ve nefret, şefkat ve öfke aynı anda paylaşımlı bir şekilde bulunmaktadır. O halde kainatı, insan üzerine kurulan bir dünya olarak kabul edersek, yaşamda kesin olan bir şey bulmak çok zor olabilir. Bulanık mantık konusunda çeşitli araştırmalar yapan Zekai Şen, bulanık mantığın toplumsal yansımaları konusunda şu tespitleri yapmaktadır:

“Aristo mantığına göre hoşgörü olamaz. Bulanık mantık sisteminde kul hakkı kavramı ile karşılaşırız. Diyalog dedikleri hoşgörü dedikleri bulanık mantıktır. Bu mantık sistemi de Doğu mantığıdır. Batıda dışlanmıştır. Onun için bugün emperyalist düşüncenin sahip olduğu yerler ne kadar hoşgörölü gözükse dahi onlar Aristo mantığını uygularlar.”

Bir toplumda ideal eğitim sistemi nasıl gerçekleşebilir? Sorusuna yine bulanık mantık sistemi ile cevaplayan Zekai Şen şu sözleri ifade etmiştir:

⁵⁴ Profesör Zekai Şen’e ait bu bölümde aktarılan görüşler, yazarın Zekai Şen ile yaptığı yayınlanmamış mülakat notlarından alınmıştır.

“Eğitimde ise ne kadar bulanık mantık olursa o kadar verimli olacağını sadece ben söylemiyorum. Dünyadaki birçok bilim adamı bunu söylüyor. Her ne kadar Batıda teknoloji gelişmiş ise aslında doğuda temelleri atılmıştır. Sadece mühendisler değil bütün eğitim sistemi bu hale gelmiştir. Bana kalsa tamamen kaldırırım sayısalı. Her şey sözeldir. Çünkü mantık olmazsa hiçbirisi olmaz. Sayısal da mantıktan çıkar.”

Bulanık mantığın ortaya çıkış serüveni Zekai Şen’e göre şöyle ilerliyor:

“Kuantum fiziği diye fizik ortaya çıkıyor. Daha sonra da Albert Einstein fiziği ortaya çıkıyor. Kuantum fiziği ile ilk defa fizik bulanıklaşıyor. İhtimaller çıkıyor. 1950 yıllarında yaşamış ve bulmuş Farabi’nin anlayışı Batıda o zamanlar yeni yeni çıkıyor. Daha sonra 1965 yılında Lotfi Askerzade formülleri çözmek istiyor. Düşünüyor ve diyor ki bu problemler daha basit bir şekilde çözülmesi gerekiyor. Sonra çok karmaşık olan problemi sözel mantık sistemi ile çözüyor. Bulanık mantık sistemini buluyor ve çok karmaşık problemleri daha basit ve kısa yoldan çözüyor. “

Profesör Zekai Şen’in de ifade ettiği gibi bulanık mantık gerçekten toplumlarda uygulanabilse insan ilişkilerinde birçok sorunun ortadan kalkabileceği söylenebilir. Bulanık mantığın bir bakıma hoşgörü mantığı olduğunu ifade eden Şen’in yazdığı gibi bu mantık sistemini makinelere yerleştirmek için uğraşmaktan çok insanların kendi bünyelerinde bunu tam anlamıyla benimsemeleri ve uygulamaya geçirebilmeleri toplumlar arasındaki problemlerin bile çözümü olabilir. 2014 yılının ilk aylarında İsrail ve Filistin arasında ateşlenen savaşın bile aslında temelinde klasik mantık yattığını söyleyebiliriz. Sen Müslümansın, sen Yahudisin, bu ayrıştırıcı düşünce yapısı insanların hiçbir şeyi paylaşamamasına sebep olmaktadır.

Bulanık Mantık kavramı üzerine Türkiye’deki çalışmaların yeterli olduğu söylenemez. Bulanım mantığının entelektüel bir araştırma ve uygulama alanı olarak tanınması, uygulanması ve tartışılmasına birkaç araştırmacının önemli katkıları olduğu görülmektedir.

Zekai Şen bulanık mantık üzerine çok sayıda kitap yazmıştır. İhtimaller Hesabı Prensipleri, Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, Modern Mantık ve birçok sayıda alanında önemli kitapları bulunmaktadır. Ayrıca bu konuda yurtiçi ve yurtdışında konferanslar ve seminerler düzenlemiştir. Öte yandan bulanık mantığın Türkiye’de yaygınlaşmasını sağlayan

bir diğerk öğretim üyesi Dr. Şevki Işıklı olmuştur. Türkiye’de Şen’in girişimleri ile 2000 yılında Bulanık Mantık Ve Teknolojisi Kulübü (BUMAT) kurulmuştur. Kulüp Türkiye’de Bulanık mantık sisteminin anlaşılması ve hızlıca yayılması için sayısız konferans ve bilgilendirici toplantı gerçekleştirmiştir. Zekai Şen’in önderliğinde gerçekleşen çalışmalar sayesinde birçok öğretim üyesine ve alanında uzman kişilere eğitimler verilerek onlara bulanık mantık sistemi ile neler yapılabileceği hakkında bilgiler sunulmuştur. Ayrıca kulüp bulanık mantığın nasıl teknoloji ürünlerine adapte edildiğini anlatan yayınlar yayımlamış ve önemli teknoloji firmalarına giderek görüşmeler gerçekleştirmiştir. Türkiye’de birçok dev teknoloji firması araştırmalara göre ürünlerinde kullandığı “bulanık mantık” sistemini bilmeden kullanmaktadır. Yapılan araştırmalara göstermektedir ki Türkiye’de birçok dev firma ürettiği ürünleri sadece akıllı bir cipten ibaret olduğunu düşünmekte ve böyle hareket etmektedir. Sibernetiğin ve akıllı cihazların temellerinde yatan sistemin bulanık mantık sistemi olduğunu göstermek için birçok çalışma yapan BUMAT üyeleri yaklaşık 14 yıldır faaliyet göstermekte. Başlangıçta doğu ülkelerinin bu sistemi kabul edip ürünlerine monte etmesine rağmen (Japonya, Çin, Hindistan vs.) Türkiye biraz daha geride kalmıştır. Şuanda birçok alana adapte edilen bulanık mantık sayesinde akıllı cihazların tümü yaşamımızın içine girmiş bulunmakta.

2. BÖLÜM

BELİRSİZLİĞİN ÖLÇÜMÜ VE BULANIK MODELLEME

Tezin ikinci bölümünde bulanık mantık ve akıllı sistemler ele alınarak bulanık mantık kuramının bilinen ilk uygulamaları anlatılmıştır. Öte yandan bulanık mantık ve teknoloji bir bağlam olarak ele alınmış ve bulanık mantığın uzman sistemlere etkisi örnekler ile açıklanmıştır. Modern bir düşünme paradigması olarak bulanık mantığın fen bilimlerinin yanında sosyal bilimlerde de etkisi olmuştur. Askeriye, motorlu araç teknolojisi, elektronik teknoloji, tıp ve bilgisayarlarda bulanık mantığın uzman sistemler olarak bu alanlardaki bulanık uygulamaları tartışılmıştır. Bilgisayar sistemlerini “akıllı” hale getiren bulanık mantığın, yapay zekâ çalışmalarına katkısı ve sibernetik cihazlardaki uygulamaları örneklendirilmiştir.

2.1. Belirsizlik ve Entropinin Ölçümü

Matematik modeller, ne kadar ayrıntılı düşünülmüş olursa olsun, gerçeği tümüyle tasvir edemezler. Tasvir edilen gerçek, tasvir eden matematiksel modelden sapmalar gösterir. Bu sapmaların sebebi gerçek dünyanın çok karmaşık olmasından kaynaklanır. Öte yandan bu karmaşıklık belirsizliğin ve kesin sonuçlara varılamayıştan kaynaklandığı düşünülebilir. Gerçek dünya da belirsizlik çok fazladır. Bu belirsizlikler hem sayıca çoktur hem de oldukça karmaşıktır. Bilim henüz, gerçek hayatı tümüyle temsil edecek matematiksel bir model geliştirebilmiş değildir.

Belirsizlik bilim insanları tarafından iki aşamada incelenmektedir. Belirsizlik, rastlantısallık ve bulanıklık olmak üzere iki kategoride incelenir. Rastlantısallık, bir olayın meydana gelmesindeki belirsizliğin sayısal ifadesidir. Birçok kişi, belirsizlik ile rastlantısallığın aynı şey olduğunu düşünerek yanılmaktadır. Olasılığı, bir tekrar eden ya da

sınanabilir bir küme olarak değil, bilginin öznel bir durumu olarak gören Bayesçi istatistikçiler bu yanılgıyı pekiştirmişler, belirsizliklerin rastlantısal olduğu gibi hatalı bir düşüncenin yayınlaşmasına sebep olmuşlardır.

“Rastgeleliğin en önemli özelliği, sonuçların ortaya çıkmasında tamamen şans olayının rol oynaması ve gerekli öngörülerin ve tahminlerin kesin bir doğrulukla önceden yapılamamasıdır.”⁵⁵

Gerçek hayatta var olan belirsizliklerin tümünün hepsine rastlantısal karakterde olduğunu söylemek mümkün değildir. Dilbilimsel belirsizliklerin adına “bulanıklık” diyebiliriz. Bulanık kuram, belirsizliğin farklı dereceleriyle ilgilenir. Bir olayın içerisinde ne kadar çok belirsiz evreleri varsa o olayda o kadar çok bulanıklık söz konusudur.

Rastlantısallık, olayların gerçekleşme ihtimalini, yani meydana gelmesindeki kesin – olmayışı ifade eder. Bulanıklık ise olayın gerçekleşip gerçekleşmeyeceğın yahut da gerçekleşme ihtimalini değil, hangi dereceye kadar gerçekleştiğini tespit eder. “Bir olayın gerçekleşip gerçekleşmemesi durumu, rastlantısal olabilir yani olay gerçekleşebilir de gerçekleşmeyebilir de. Hangi dereceye kadar gerçekleştiğı ise bulanıktır. Bulanıklık, genel olarak gözleme dayanmasına rağmen, rastlantısallık öngörüye dayanır. Rastlantısallık, bulanıklıktan farklı olarak bilginin artmasıyla birlikte ortadan kalkar.”⁵⁶

Aslında bu iki kavram rastlantısallık ve bulanıklık birbirine karışmış gibi dursa da birbirinden ayırt etmek çok zor değildir. Bulanıklık bir eylemin “ne derece” gerçekleştiğini gösterir. Örnek vermek istersek, bir kişinin diğer bir kişiye yumruk atıp atmama ihtimali rastlantısallık olarak kabul edersek yumruk attıktan sonraki süreçte hangi hızla, nasıl bir açıdan, nasıl bir kuvvet gücüyle vurduğunun ölçülmesine bulanıklık diyebiliriz. Bilgi olarak belirsizlik kavramına baktığımız zaman bu alanda yazıları olan Abraham Moles’e kulak vermemiz gerekebilir.

“Birtakım muğlak olguların, belirsiz şeylerin ve içinde karar almamız, davranmamız veya tepki göstermemiz, pozisyon almamız gereken durumların ortasında yaşıyoruz. Tüm bu şeyler, ne kadar belirsiz olurlarsa olsunlar, bilincimize kavramsal bir nitelikte görünürler; onları adlandırırız; onların

⁵⁵ Beyan, T. Baykal, N. A.g.e., s.310.

⁵⁶ Beyan, T. Baykal, N. A.g.e., s.311.

*üstünde önce zihinsel, sonra da tüm riziko ve tehlikesine rağmen pratik işlemler yaparız. Yaşamak, belirsiz şeylerle yüzyüze gelmek demektir.”*⁵⁷

Moles, **Belirsizliği Bilimi** isimli kitabında belirsizliğin bilimleri terimi ile bulanık teriminin karşılaştığı zamanlardan söz etmektedir. Moles;

*“Belirsizliğin bilimleri terimi ilk olarak alt mantık terimiyle aynı zamanda, 1957’de yayınlanan la creation scientifique adlı kitabımızda ortaya atmıştık. Kısa bir süre sonra matematiksel fizik alanında Columbia Üniversitesi’nde çalışan bir diğer araştırmacı, L.Zadeh, 1965’te yayınlanan ve daha sonra sıklıkla referans alınan makalesinde bizim belirsiz kavramlar terimimize çok yakın bir anlamda (fuzzy concepts) terimini tanımlamıştır.”*⁵⁸

Bulanık mantığın temeli oluşturan *Bulanık Kümeler Kuramı*, belirsiz kavramların matematiksel temsilinin kuramı olarak tanımlanabilir. Bulanık teoriye kadar belirsizlikle ilgili matematiksel işlemler, olasılık kuramına göre modellenmekteydi. Olasılık kuramında incelenecek olayın sınırları kesin olarak belirlidir. Sınırları kesin olarak belirlenmeyen olay ise bulanık olaydır. Bir olay $B = (2, 4, 6)$ ise sınırları kesindir ve klasik bir küme olarak tanımlanabilir. $B = ((1, 0, 0), (2, 0, 4), (4, 0,4))$ bu olay ise bulanık bir olaydır. Sınırları belirlenmeyen gerçek ya da matematiksel problem, bulanık küme teorisi içine girmektedir.

Termodinamiğin ikinci yasasına özel bir isimle verilerek *entropi* denir. Entropinin farklı tanımları yapılmakla birlikte en basit tanımı, bir sistemdeki düzensizlik miktarı anlamına gelir. Bu yasa, evrende düzensizliğin sürekli, engellenemez ve tek yönlü olarak arttığını söyler. Çengel ve Boles’a göre entropi yasası, “*evrendeki her şeyin maksimum düzensizlik ve minimum enerji yönünde hareket etmesini; çoktan aza, kullanılabilir halden kullanılmaz olana, doğumdan ölüme, düzenden düzensizliğe doğru doğal bir gidişe eğilimli olduğunu*” dile getirir.⁵⁹

Entropi, bulanık kuramın yaygın olarak kullandığı ölçütlerden biridir. Entropi bir sistemdeki belirsizliği, kullanılan enerji miktarındaki zamana bağlı azalışı, kullanılamaz duruma geçen enerji miktarını zamana bağlı artışını ölçmeye yarar.⁶⁰ Örneğin masaya bırakılan bir bardak sıcak su zamanla soğur fakat zamanla kendiliğinden ısınmaz. Parfümün

⁵⁷ Moles, A. (1993). Belirsizin Bilimleri, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları. s.15.

⁵⁸ Moles, A. A.g.e., s.41.

⁵⁹ Çengel, Y.A. Boles, M.A. (1996). Mühendislik Yaklaşımı İle Termodinamik. (Çev.T.Derbentli). İstanbul: Literatür Yayıncılık.

⁶⁰ Işıklı, Ş. (2012). Siber Toplum Bileşenleri, Ankara: Birleşik Yayınevi, s.22.

kapağı açıksa odaya dağılır ve ısı enerjisine karışır ancak odaya dağılmış moleküller kendiliğinden şişeye dolmaz.⁶¹ Benzer şekilde eğer elimizdeki bir bardak, sert bir zemine bırakılırsa bardak kırılır ve paramparça olur. Ne yazık ki o bardağı yeniden eski hâline getirmek mümkün olmaz. Bir kurabiyeyi avucumuzun içine alıp sıkmaya başlarsak kurabiyenin her bir parçası belirsizliğe ve entropi artışına doğru yola çıkacaktır. Parçalanmış kurabiyelerin taneciklerini yeniden bir araya getirmek mümkün olmaz. Bütün bunlara zamanın termodinamik ya da entropik yönünün, geçmişten geleceğe doğru akıp gitmesi neden olur. Zaman oku, gelecekte geçmişe doğru ilerlemez.

Örneklerde görüldüğü gibi, evrendeki her sistem ve nihayet evrenin kendisi, kinetik enerjisini statik enerjiye, minimum düzensizlikten maksimum düzensizliğe, böylece sistemin iç durumu ile çevresel durum arasında ısı bir dengeye ulaşmak ister. *“Bir sistem daha düzensiz bir hal aldıkça, moleküllerin konumları belirsizleşecek ve entropi artacaktır.”*⁶² Termodinamiğin evren için öngörüsü, Jeremy Riffkin’e göre, genişleyen bir mezarlık tasviridir. Kullanılabilir enerji kalmadığı ve sistem çevresiyle eşit bir enerji, düzensizlik ve dağınıklık durumuna eriştiği için sistem artık devingenlikten kurtulur. Başka bir ifadeyle sistem ölür.

2.2.Bulanık Mantık Temelli Akıllı Sistemler

2.1.1. Bulanık Mantığın İlk Uygulamaları

Azerbaycan asıllı Amerikalı Profesör Lotfi Al Askerzadeh’nin, (Kendisini İngilizcedeki kolay söylenişi nedeniyle Zadeh olarak tanıtmaktadır⁶³) California Berkeley Üniversitesinde yayınladığı makale ile bilim dünyasında geniş yer bulmuş olan “bulanık mantık” kavramı ilk yıllarında hayret ve şaşkınlıkla karşılandı. Bu şaşkınlığı ve hayreti Zadeh’nin hayat hikayesini derinlemesine işleyen Möhbeddin Samed’in *Dünya Dâhileriz Yaşayamaz* isimli kitabından bir pasajı aktaralım:

“Bilim çevrelerince çok iyi bilinir ki Zadeh’nin 1965 yılında ortaya koyduğu fuzzy mantık ve fuzzy kümeler kuramı, Aristoteles mantığını sarsmış ve bilimsel bir devrim meydana getirmiştir. Zadeh’nin kuramları ilk önce düzenleyici

⁶¹ Çengel, Y.A, Boles, M.A. A.g.e., s.54.

⁶² Çengel, Y.A, Boles, M.A. A.g.e., s.284.

⁶³ Bkz. Samed (2000). s.50.

sistemlerdeki ‘düzenleme esaslarını’ betimlemede kullanılmıştır. Bugün ise onların uygulamasına her yerde rastlanılmaktadır.”⁶⁴

Matematik ve fizik uygulamalarında önemli yer tutan klasik mantık yaklaşımını sarsan bu yeni mantık anlayışı, birçok bilim insanı tarafından dikkatle incelendi. İlk kez Ebrahim Mamdani tarafından bir buhar makinasında uygulandı. Ardından 1975 yılında, Holmblad ve Ostergaad tarafından bir çimento fabrikasında kullanıldı. Aralarında Toshiba, Hitachi ve IBM’in de olduğu 51 teknoloji firması tarafından LIFE (*Laboratory for Interchange Fuzzy Engineering*) adı altında bulanık mantık organizasyonu oluşturuldu. Günümüzde “akıllı” niteliği taşıyan tüm teknolojik cihazlarda bulanık mantık şebekelerini görmek mümkündür. Bulanık mantık temelli sistemlerinin “*hayatın neredeyse her noktasında*” kullanıldığını ileri süren Semed’e göre, öngörü ve tahmin sistemleri, planlama, teknoloji süreçleri, otomasyon ve robotik bilimi, tıp ve genetik ile binaların depreme dayanıklılığının artırılması gibi alanlar bulanık mantığın başlıca uygulama alanıdır.⁶⁵

Bulanık mantık, geleneksel mantık sisteminden daha çok kabul görmüştür. Bulanık mantık hayatın her alanında kullanılmaya devam etmektedir. Bulanık mantık hakkında, bulanık mantığın mucidi Zadeh’nin şu sözlerine bir bakalım:

“Bu kuram henüz bütün hastalıklara çare bir ilaç değil. Birçok sorun vardır ki insanlar, hatta bilgisayarlar, makineler ve planlanan mantıki sistemler onları çözmek gücünde değildir. Ama biz bugün bu makine ve sistemleri yapma gücüne ulaştık.”⁶⁶

Tüm bu uygulama alanlarının yanı sıra mekatronik mühendisliğinde geniş yer alan bulanık mantık sistemleri, mekanik ve elektronik sistemlerin insan düşünce biçimine daha yakın buluşlar üretilmesine katkı sağladı. Bulanık mantık, sibernetik ve yapay zekâ üzerine temellenen teknolojik cihazlar yaşamın her alanında yer almaya başladı. Bu akıllı teknolojiler sayesinde teknoloji firmaları, büyük ticari pazarlar oluşturdular. Bulanık mantık temelli ürünlerin geniş yelpazesi, teknoloji şirketlerinin büyük rekabet içine girmesine sebep oldu. Önceleri Japon firmaları bu sayede büyük pazarlar elde ederken daha sonra Batılı ülkelerde bu pazara dâhil oldular:

“Panasonic ve Quassar markalarını üreten ‘Mitsubishi’ şirketi, 1991-92 yıllarında fuzzy mantığı uygulayarak milyonlarca dolar kar etmiş ve üretimini de

⁶⁴ Semed, M. (2000). A.g.e., s.32.

⁶⁵ Semed, M. A.g.e., s.32.

⁶⁶ Semed, M. A.g.e., s.24.

artırmıştır. Hatta sonunda İngilizce olan 'fuzzy logic' kelimesi, Japonca'ya "fudzi" olarak geçmiştir.⁶⁷

Teknolojinin her alanında bulanık mantıktan yararlanan Japonlar bu sayede büyük teknoloji pazarlarına liderlik yaptı. Semed'in ifadeleriyle söylersek, Zadeh'nin bilimsel kuramını ilk olarak hızlı bir şekilde kabul edip uygulamaya geçen Japonlar artık akıllı sibernetik cihazlar yapmayı başarmışlardı. Bu cihazlarda hareket güvenliği, yakıt tasarrufu, hareket yönü ve yolun özellikleri gibi bütün bilgileri otomobile monte edilmiş bilgisayardan öğrenmek mümkün oluyordu. Örneğin Japon otomobili Nissan, otomatik olarak aracın hızını artırıp azaltmaya (*cruese control system*) ve farları yakıp kapatmaya imkan veriyordu.⁶⁸

2.1.2. Bulanık Mantığın Teknolojik Uygulamaları

Günümüzün akıllı teknolojisinin kullandığı temel mantık şebekesini oluşturan bulanık mantık, yaşamın her noktasında gelişerek devam etmektedir. Tıp alanından, mühendisliğe kadar uzanan teknolojik ürünler bulanık mantık temelli sistemlere dayanmaktadır. Klimalar, mikro dalga fırınlar, ütüler, çamaşır aletleri, saatler, arabalar, televizyonlar vb. birçok akıllı teknoloji ürünü, bulanık mantık sistemleri ile donatılmış durumdadır. Bilinen en yaygın örneği akıllı cep telefonlarıdır. Bulanık mantık ile gündelik yaşama taşınan teknolojik ürünlerden bazılarını sıralayabiliriz:

Sharp'ın akıllı klima sistemleri, Canon'un akıllı sensörlere sahip fotoğraf makineleri, Toshiba'nın asansör kontrolleri, Sony'nin akıllı uyarılara sahip tost makineleri, Hitachi'nin mikrodalga fırınları, Sanyo'nun akıllı sensörlere sahip kameraları, Nissan'nın araba motorları, Honda'nın otomatik araba sistemleri vb.⁶⁹

Bunlardan bazılarının ne tür avantajlar sağladığına bakalım: Örneğin Hitachi, Toshiba, Vestel ve Arçelik gibi firmalarının ürettiği klimalar, belirlenen derece doğrultusunda dengeyi sağlayarak az güç harcamakta, enerji tasarrufu imkânı sunmaktadır. Canon voltajı, çekilen resmin yoğunluğuna, sıcaklığa ve neme göre ayarlama yapabilen fotokopi makineleri üretmektedir. Nikon ve Canon, görüş alanına giren nesneleri otomatik olarak yakalayabilen ve odaklanabilen fotoğraf ve video kayıt cihazları üretmektedir. Böylece en optimal ürün elde edilmektedir. Nissan'nın araba motoru ise oksijen, sıcaklık ve motor basıncını dikkate alarak

⁶⁷ Semed, M. A.g.e., s.33.

⁶⁸ Semed, M. A.g.e., s.33.

⁶⁹ Kosko, B. (1993). *The New Science of Fuzzy logic*, USA: Hyperion Publishers. s.292.

en az yakıt enjeksiyonu, daha uzun motor ömrü imkânı sunmaktadır. Bu örnekleri çoğaltmak mümkündür. Bart Kosko’nun bulanık mantık şebekeli ürünler ve sağladığı işlevlerle ilgili hazırladığı aşağıdaki tabloyu inceleyelim:

Tablo 2: Ürün – Bulanık Mantık Rolü

ÜRÜN	FİRMA	BULANIK MANTIĞIN ROLÜ
Araba Motoru	Nissan	Oksijen, sıcaklık, motor basıncına göre yakıt enjeksiyonunu ayarlamayı sağlaması.
Kamera	Canon	Otomatik olarak odaklamayı ve ışığı ayarlamayı sağlaması.
Elektronik Sözlük	Epson	Bir kalem büyüklüğünde birimiyle otomatik olarak kelimeyi algılamayı sağlaması.
Buzdolabı	Sharp	Yiyeceklerin soğutma zamanını ayarlayarak bozulmasının engellenmesi.
Çamaşır Makinası	Hitachi	Çamaşırın kirliliğine göre motorun dönüş hızının ve suyun emilimini ayarlamayı sağlaması.
Asansör Kontrolü	Toshiba	Yolcu trafiğini ayarlayarak bekleme zamanını kısaltmaya çalışması.
Tost Makinası	Sony	Ekmeğin çeşidine göre pişirme zamanını ayarlaması.

Kaynak: Kosko, B. (1993). s.184-187.

2.2. Bulanık Mantık Temelli Uzman Sistemler

Öncelikle uzman sistemler yaklaşımının çıkış noktası olan yapay zeka kavramının genel özelliklerinden bahsedilmesi gerekebilir. Uzun yıllar filozoflar insan bilincinin nasıl çalıştığını ve insan dışındaki varlıkların bilincinin olup olmadığını sorgulamışlardır. Uzman sistemlerinin ilk belirtileri uzun bir geçmişe dayanmaktadır. İlk halleri “Eğer... O halde” şeklinde kurgulanan uzman sistemlerin oluşumu Luksor papirüsünde anlatıldığına göre Mısır’da meydana getirilmiştir.

“MÖ 3000’lerde, Mısır’da, Luksor papirüsünde anlatıldığına göre, belirti-tanı-tedavi-süreç durumlarını yansıtan ve ‘Eğer ... O halde...’ kurallarının uygulanması şeklinde (eğer

hastada bu belirti varsa, o halde bu tedavi uygulanırsa, bu süreçle bu hasar gelişir gibi) yazılar bulunmuştur. Bu, bilinen ilk uzman sistemdir.”⁷⁰

Yapay zekâ ve zeki makineler düşüncesinin kökleri Yunan mitolojisine kadar götürülebilir. İnsanların yapmak istediği, insan zekasını olabildiğince temsil eden zeki eserler o zamanlardan beri literatüre konu olmuştur. Yunan mitolojisinin ilk edebi eserlerinde de görülebilecek olan ve rüzgar tanrısı zannedilen “Daedalus’un yapay insan teşebbüsü olmuştur. Daha sonra 12. yüzyılda Diyarbakır’da Artukoğulları Beyliğinde yaşayan Eb’ul İz Cezeri (1136 – 1206) adlı bir Türk’ün otomasyon, sibernetik ve robotik sistemler konusunda ilk eserleri verdiği görülmektedir.

“Kara Hamid dergisi elime geçmişti. Diyarbakır’ın eski adı Hamid olduğu için dergi bu ad ile yayınlanıyordu. Bu derginin 2.Cildinin 5.Sayısını incelerken İbrahim Hakkı Konyalı tarafından kaleme alınmış ‘Sekiz Asır Evvel Türk Sarayları Makineleşmişti’ başlıklı bir yazı gözüme çarpmıştı. Sayfaları karıştırdıkça 13.Yüzyılda Artuk Türklerinin hükümran olduğu Diyarbakır’da Cizreli Eb-Ül-İz, Hükümdarlara ‘Otomatik makineler’ ve ‘Çeşitli robotlar’ yaparak hizmet ettiği açıklanıyordu.”⁷¹

Bulanık mantık uzman sistemler ve denetleyiciler kitabının yazarları Nazife Baykal ve Timur Beyan’a göre, modern anlamda yapay zeka tarihi incelendiğinde doğum (1943 – 1956), yükseliş ve büyük beklentiler dönemi (1956 – 1960 sonları), gerçekleşmeyen vaatler ve gerçekliğin etkisi (1960’ların sonu, 1970’lerin başı) ve uzman sistemler teknolojisi (1970’lerin başı, 1980’leri ortası), ve yapay sinir ağlarının yeniden doğuşu (1980’lerin ortası - günümüz) olarak ayırt edilebilir. Yapay zeka düşüncesinin modern dönemlerdeki öncüsü 1950 yıllarında yazdığı “makinelere düşünebilir mi?” makalesi ile Alan Turing diyebiliriz. Turing’in makine zekası konusunda yazdığı en önemli eserlerinden birinin “Computing Machinery and intelligence” olduğu bilinmektedir. Turing bu makalesinde “canlılık olmasa bile zeka var mıdır?” gibi sorulara yanıt aramaktadır. Sorduğu birçok soru çerçevesinde felsefi bazı düşüncelere makalesinde yer vermiştir. Turing’in makalesinde ki tüm sorularının özeti belki de tek bir soruya çıkmaktadır: “Makineler düşünebilir mi ?” “Zekâ nedir?” sorusuna, yapay zeka çalışmaları bağlamında cevap vermek gerekirse onu “anlama ve öğrenme yeteneği” olarak tanımlayabiliriz. Bir durum veya olayla karşılaşıldığında içgüdüsel bir şey yapmak

⁷⁰ Beyan, T. Baykal, N. (2004). Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Ankara: Bıçaklar Kitapevi. s.268.

⁷¹ Akman, T. (2003). Sibernetik Dünü, Bugünü, Yarını, İstanbul: Kaktüs Yayınevi. s.208.

yerine, düşünerek ve anlamlandırarak bir karar verme faaliyeti zekanın ne olduğu hakkında fikir edinmemizi sağlayabilir. Bir bilim olarak yapay zekanın amacının, olabildiğince insani zekaya yakın öğrenme ve anlama kapasitesine sahip makineler üretmek olduğu söylenir. En anlamlı soru ise “Makineler düşünebilir mi?” sorusudur. Makineler düşünebilir mi? İşte bu soru uzun zamandır bilim insanlarının uğraşı içerisine girmiştir. Bilim insanları uzun yıllar makinelerin insanlar gibi düşünmesi için çaba sarf etmişlerdir.

Günümüzde makineler halen insanlar kadar hassas kararlar ve çözümler üretememektedir. Lakin gelişen teknoloji ve tezimizin ana konusu olan bulanık mantık sayesinde makineler artık insana benzer şekilde düşünebilir hale gelmiştir. İnsanlara benzer düşünebilir duruma gelebilen makineler bazı durumlarda insanlardan daha iyi sonuçlar ve kararlar çıkartabilirken bazı durumlarda ise insanların zekasına ve düşünce biçimine yaklaşamamaktadır. İlerleyen konularımızda daha detaylandıracağımız bu konu hakkında burada kısa bir örnek vererek geçelim. Makineler düşünebilir mi? Makineler düşünebilir ama makineler sezgisel bir karar veremezler ve insanlar kadar hassas çözümler sunamazlar. Nasıl? Şöyle ki bir tıp doktoru insan ile doktor olarak tasarlanmış ve donatılmış bir makineden örnek verelim. Bir hastanın hastalığı hakkında teşhis gerçekleştirirken dış etmenlerden ve iç etmenlerden (ruh hali, bedensel hastalık, bilinçaltı) etkilenmeyen makine doktor klasik diye tabir edebileceğimiz herkeste rastlanabilen hastalıklarda daha kolay teşhis ve tanı koyabilirken insan doktorumuz ise yukarıda saydığımız iç ve dış etmenlerden kaynaklanan durumlardan dolayı karar verirken hata yapabilir. O gün hastalanmış ve aklı ve ruhu düzgün çalışmıyor olabilir. Karşılaştığı hasta onun daha önceden nefret ettiği bir kimseye benziyor olmasından dolayı adaletli bir karar alamayabilir. O gün yakınlarından birini kaybetmiş ve bundan dolayı ruh hali bozuk olabilir. İşte bunun gibi nedenlerden dolayı doktor insan, makine doktora göre daha verimli olamayabilir. Lakin çok az rastlanan ve teşhis konulabilmesi için sadece deneyimlerin ve bilgilerin yetmediği durumlarda insan doktor vereceği kararla bir hayat kurtarabilir. Bu kısa örnekten anlaşıldığı üzere makineler henüz bilim insanlarının tam istediği duruma gelmemiştir.

İnsanların zekâ seviyeleri eşit değildir. Bazıları mühendislik veya tıp konusunda becerilere ve öğrenme yetisine sahipken bazıları felsefe alanında daha iyi olabilir. O halde insanlarda olduğu gibi, makinelerin de zekâ konusunda birbirlerinden farklı olması beklenebilir.

İnsan bilgi edinirken ve edindiği bilgiyi işleyip eyleme dönüştürürken onun zihninde gerçekleşen süreçleri makineler taklit edebilirler. Fakat günümüzde makinelerin ulaşamadığı nokta, karar verme aşamasında daha hassas çözüm getirememeleridir. Bu aşamada ise bulanık mantık devreye girmektedir. Bulanık mantığın ana çıkış noktasının, insanın sosyal hayattaki davranışlarından türeyen bir sistem olduğunu bilmekteyiz. İnsan benzeri makineler yapabilmek için insanı daha iyi taklit etmemiz gerekebilir. İnsanın düşünce biçiminden insan davranışların en hassas noktasına kadar araştırılması gerektiği göz önüne çıkmaktadır.

İnsanların yapacağı birçok işi üstlenmiş durumdaki makinelerin, tam bir insan gibi karar verebilme ve iş görebilmeleri önündeki en büyük sorun, kendilerine daha önce tanımlanmamış bir durumla karşılaştıklarında aldıkları kararların yani verdikleri tepkilerin başarısız sonuçlara yol açmasıdır. Bir makine yeni bir problemle karşılaştığı zaman o zamana kadar kendisine yüklenmiş problem çözücü çözümleri gözden geçirir ve deneyimlerinden yararlanır. Tıpkı insan gibi... Fakat karşılaştığı problemin materyalleri kendisine yüklenmiş verilerde veya deneyimlerle yoksa çözüm üretirken başarısız sonuçlar çıkarabilmektedir. İşte tam bu noktada, insan içgüdüleriyle ve hisleriyle hareket ederek problemin çözümünü farklı bir evreye taşımakta ve eksik verilerle yeni ve kesin kararlar verebilmektedir. “Genel olarak uzman sistem, bir uzmandan alınan bilgilere dayanarak oluşturulan, karmaşık problemleri çözmek için olayları ve deneyimleri kullanan etkileşimli bilgisayar destekli karar alıcıdır. Uzman sistem, özel bir alanda, karışık bir karar verme problemini çözen bir uzmanının düşünme sistemini taklit etmeye çalışan bir bilgisayar programıdır. Burada önemli olan nokta, *bir uzmanın problem çözme yöntem, teknik ve süreçlerini taklit etmektir*. Burada *bir uzmanın taklit edilmesi* söz konusudur.”⁷² Örneği biraz genişletelim: Bir alanda uzmanlaşmış biri, kendi alanında karşılaştığı karmaşık bir problemi çözmek için deneyimlerine ve bilgilerine başvurur. Bu bilgi ve deneyimleri ile bazen basit bazen karmaşık bir yol izleyerek en iyi sonucu çıkarmaya çalışır. İşte, uzman kişinin beyninde gerçekleştirdiği bu hızlı ve karmaşık sürecin, bir bilgisayar programıyla taklit edilme çabası uzman sistemleri doğurmuştur. Uzman sistemler, gerçekten uzmanlık gerektiren, deneyime dayanan karmaşık bilgileri içerirler.

“Geleneksel programlardaki algoritma ile veri tabanında ki verileri işleme yaklaşımı, yapay zekâ programlama çeşitlerinden biri olan uzman sistemlerde çıkarım mekanizması ile bilgi tabanını işlemeye dönüşmüştür... Uzman sistemlerde kesin ve net algoritmalar yerine deneyime dayalı çıkarım yöntemleri

⁷² Beyan, T ve Baykal, N. A.g.e., s.287.

kullanılır. Bu yüzden uzman sistemlerin tasarımı karmaşık ve zaman alan bir işlemdir.”⁷³

Uzman sistemlerde daha hassas çıkarımlar gerçekleşmektedir. Bir uzman sistem, sorulara cevap verir, konuyu netleştirmek için sorular sorar ve genellikle karar verme sürecine yardım ederek çalışır. Kesin olmayan veya eksik olan bilgileri de değerlendirebilirler. Bilgi, sıklıkla “kural tabanı” şeklinde depolanır ve en bilinen hali de “eğer döngüsü [if döngüsü]” halidir. Eğer döngüsü şöyle bir kural sunar:

- i. *Eğer öyle bir sonuç çıktıysa gelecekte böyle bir durum ortaya çıkabilir.*
- ii. *Eğer bu durum böyle devam ederse o halde bazı noktalar şöyle hareket edebilir.*

Karar destek sistemleri genelde tıp doktorları tarafından kullanılmaktadır. Tıp doktorları bir hastalık konusunda akıl yürütme işlemi gerçekleştirirken bir yandan da verileri karar destek programına girerek onunda kendisine daha önce yüklenmiş deneyimlerinden yararlanmasını sağlar ve çıkardığı ihtimalleri gözden geçirebilir. Böylelikle tıp doktoru kendi akıl yürütme sürecinde unuttuğu veya herhangi bir sebepten dolayı atladığı bilgilerini yeniden hatırlamasına yardımcı bir destek sağlamış olabilir. *“Uzman sistemlerin, bilgi tabanlı sistemler veya karar destek sistemleri gibi çeşitleri bulunmaktadır. Birbirlerinin yerlerine kullanıldıkları görülmektedir. Bilgi tabanlı sistemler, bir problemi, bilgisayara girilmiş veriler üzerine tümevarım, tümdengelim ve analoji gibi akıl yürütme yaparak çözmeye çalışır. Bu sistemler uzman sistemlere göre daha küçük ve dar alanlı problemleri çözmek için uygundur. Karar destek sistemleri ise herhangi bir sorun karşısında karar verirken kullanıcıya yön gösterecek şekilde bilgiler üreten sistemlerdir. İlk başlarda uzman sistem olarak tasarlanmalarına rağmen yeteri kadar verim alınamadığı için karar destek sistemleri olarak kalmıştır.”⁷⁴*

2.2.1. Uzman Sistemler

Gelişen teknoloji ve başarılı yapay zeka sistemleriyle oluşturulmuş sistemlere uzman sistemler diyebiliriz. Uzman sistemler günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Uzman sistemlerin en önemli özelliklerinden biri, bünyesinde bulunan tüm bilgi ve deneyimleri gözden geçirerek hassas bir akıl yürütme süreci sonunda karar vermesidir.

⁷³ Beyan, T. Baykal, N. (2004). Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyicileri, Ankara: Bıçaklar Kitapevi. s.287.

⁷⁴ Beyan, T. Baykal, N. A.g.e., s.287.

“Klasik bilgisayar programları gerçek bilgiye ve hesaba dayanır. Bu, bilgisayarların tartışmasız gücüdür. İnsanlar ise tersine olgusal ve deneyimsel bilginin karışımına dayanarak problemleri çözer. Deneyimsel bilgi sezgi, yargı ve mantıksal çıkarımların bir bileşkesidir. Bu da insanın tartışmasız gücüdür. Başarılı uzman sistemler olgu ve deneyimlerin bileşkesini oluşturacak ve böylece problem çözmede bilgisayar ve insan gücünü beraberce kullanacaktır”⁷⁵

Bir uzman sistemin başarısı, ilgilendiği problem alanına tam odaklanma becerisindedir. Günümüzde uzman sistemler, başarılı yapay zekâ sistemleri sayesinde uzman kişileri taklit etmede belli derecede başarılı oldukları görülmektedir.

Uzman sistemler, uzman kişilerin verileri değerlendirirken maruz kaldıkları dışsal ve psikolojik etkilere uzaklıklar. Uzman kişiler, içsel veya dışsal etkenlerin baskısı altında kalarak doğru kararlar veremeye bilmektedirler. Uzman sistemler, insana özgür sezgiden yoksun olduklarından, sezgisel karar veremediklerinden, tümüyle veri girişine bağlı davrandıklarından insanlar kadar etkili kararlar verememektedir. Bununla birlikte uzman sistemler, belli bir alanda tekrar eden ve kronik olarak adlandırılan problemlerin çözümünde insanlardan daha etkili çözümler bulabilmektedir. Göğüs hastalıkları uzmanı bir doktorun 1 ay içinde karşılaştığı hastaların istatistiği çıkartıldığında hastaların büyük çoğunluğunun aynı sebeplerden ötürü hastalandıkları görülür. Böyle bir istatistiksel döngü içindeki doktor, bir sonraki hastayla karşılaştığında kendi ruh hali veya fiziksel bir sorunu nedeniyle etkili karar veremeyebilir. Böyle bir durumda uzman sistemlerde herhangi bir dış etmenden etkilenme veya ruh hali diyebileceğimiz kavram olmadığından dolayı akıl yürütme sürecini daha verimli ve sağlıklı geçirecek ve hata payı her zaman daha düşük olabilecektir. Yine de eğer uzman doktor çok nadir karşılaşılan bir hastalıkla karşılaştığı zaman sezgileri, duyguları, bilgileri ve deneyimlerini sentezleyerek etkili bir karar verebilir, uzman sistemlerden daha hızlı ve daha başarılı bir sonuca ulaşabilir. Uzman sistemler ise elinde bulundurduğu deneyim sonuçları ve bilgilerini gözden geçirip bulanık mantık uygulayarak bir sonuç üretmeye çalışırken yeni karşılaşılan bu hastalık konusunda en yakın sonucu bulmaya çalışır.

Her şeye rağmen bir uzman sistemin hiçbir zaman uzman bir insan kadar başarılı olamayacağı iddia edilebilir. Bu durumda artık, “Makineler öğrenebilir mi?” sorusu önemini kaybeder; “Makineler ruha sahip olabilir mi?” sorusu önemli hâle gelir. İnsan ruhunun ve sezgilerinin nasıl bir süreçle insana katkı sağladığı açıklanabilirse eğer, makinelerde insan

⁷⁵ Beyan, T ve Baykal, N. A.g.e., s.288.

ruhunun taklit edilebileceği varsayılabilir. Gözlemlenen şudur ki yapay zekalı mükemmele yakın uzman sistemler dahi, insani düşünme ve hareketleri tam olarak temsil edememektedir. Şu örnek konumuzu detaylandırabiliriz, bir doktor karşısındaki hastanın ruh halini anlayarak ona göre hareket edebilir hatta teşhis bile koyabilir. Bazı özel durumlarda insanların ruh halleri hastalıklarının tanısını bile değiştirebilir. İşte tam bu noktada uzman doktorların kendileri de bir insan olduklarından dolayı karşılarındaki hastalarının psikolojik durumlarını ve hislerini kavrayabilir ve bu durum uzman sistemlerden uzman insanları ayıran en büyük etken olarak gösterilebilir. Uzman insanlar, uzman sistemlere göre günümüzde halen daha fazla tercih edilir durumdadır. Fakat bazı noktalarda uzman sistemlere gerek duyulabilir. Özellikle uzman insanların fiziksel ve zihinsel olarak yorulduklarında bazen karar mekanizmaları etkilenebilir ve yanlış kararlar verebilirler. İşte bu nokta başta olmak üzere birkaç nedenle uzman sistemlere ihtiyaç artabilir.

“Uzman sistemler, çeşitli nedenlerden dolayı tercih edilebilirler. Tercih edilmelerinin başlıca nedenleri vardır. İnsan uzmanların çok az sayıda oluşu yanı sıra, insanlar fiziksel ve zihinsel olarak yorulabilir oluşu, önemli ayrıntı ve problemleri unutabilmesi, kararlarının bazen günden güne tutarsızlık göstermesi, sınırlı bir belleğe sahip oluşu, çok miktarda bilgiyi hızlı bir şekilde işleyememesi, belleğinde çok miktarda bilgi tutamaması, hareketlerinde kasıtlı ya da kasıtsız olarak ön yargılarının etkisinin olması, kararlarının sorumluluklarından kaçınma arzusu gibi nedenler sayılabilir. Ayrıca insan uzmanlar yalan söyler, kaybolur ve ölebilirler..”⁷⁶

Uzman sistemler, uzman insanların özellikleriyle bilgisayar sistemlerinin gücünü birleştirerek pek çok sınırlamayı ortadan kaldırabilirler. Uzman sistemlerin; hızlı bilgi işleyebilmeleri, ön yargılarının olmayışı, herhangi bir dış etmenden veya sözel tartışmalardan etkilenmemeleri, uzman insanların ise hayal kurabilme, böylelikle yeni fikirlere açık olabilme özelliklerinin uzman sistemlerde bir araya getirilmesi, şimdikinden çok daha etkili çözümlere ulaşmamızı sağlayabilir. Kısacası uzman kişilerin iyi özellikleriyle bilgisayar sistemlerin iyi özelliklerinin birleştirilmesi, uzman insanlara daha fazla zaman kazandırır ve karar aşamasında daha nesnel karar verme olanaklarını artırır. Uzman insanların yeni konulara ve keşfedilemeyen alanlara yoğunlaşabilmesi için uzman sistemler çok faydalı olabilir.

⁷⁶ Beyan, T ve Baykal, N. A.g.e., s.291.

Uzman sistemler, yüksek üretkenlik ve güvenli karar almayı gerektiren her alanda uygulanabilir. Bu yüzden uzman sistemler, uzmanların işlerini kaybetme korkusuna kapılmalarına yol açabilir. Uzman sistemler; mühendislerin, tıp doktorlarının ve birçok sektörde çalışan uzman insanların yerlerini alma durumu söz konusudur. Fakat her iş verenin, işinin tamamını mekanik bir sisteme emanet edeceği düşünülemez. Her şeye rağmen son karar alıcı olarak yine de bir uzman kişiye ihtiyaç olacaktır. Öte yandan uzman sistemler, yeni iş kolları açmayı şimdiden başarmıştır.

Makineler ile insanları ayıran en önemli özellik insanların hayal kurabilmesidir. Hiçbir uzman sistem her ne kadar iyi bir yapay zekâ sistemine sahip olursa olsun hayal kuramazlar. Hayal kuramayan bir sistemde hiçbir zaman yeni keşiflere imza atamayacaktır. Bir projenin, bir hastalığın tanısının, bir inşaatın tasarımının her zaman hafızadan gelen bilgilerin ve deneyimlerin ötesinde bazı hayal güçlerinin ürünlerine ihtiyaç duyacağı düşünülebilir. Hayal gücünü kuran olgunun beyin mi ruh mu olduğunu daha çözümleyemeyen günümüz bilim insanları. Bu konuda farklı düşüncelere sahiptir.]Bir beynin içerisinde hayallerin olması beklenemez diyen bazı bilim insanları ve hayal kurmak, nefret, sevgi, ihtiyaç, arzular, istekler, duygular, tüm bu görünmeyen olguların beynin içerisinde olup bittiğini düşünen bilim insanları.. Her iki tarafta kendi inandığının doğru olduğunu söylemekte ve kendi deneysel yöntemleri ile açıklamaktadırlar. Eğer bir gün hayal kurabilen bir makine yahut kendi hafızasında hiç olmayan, deneyimlerinde yer almayan bir konuda hayal kurup onu gerçeğe dönüştürebilen bir makine üretilebilirse bazı noktaların aydınlanacağı düşünülebilir.

Bu konu başlığımız altında biraz da uzman sistemlerin nasıl yazıldığına bakalım. Bir uzman sistem yazılırken genellikle çok fazla para ve zaman harcanır. Uzman sistem yazılmadan önce sistem yazılacak uzmanlık alanı hakkında yeterli araştırmanın, özellikle maliyet/yarar değerlendirilmesinin gerçekçi bir yaklaşımla yapılması gerekir. Çünkü her alanda uzman sistemlere gerçekten ihtiyaç olmayabilir.

“İnsan uzmanı gereken tüm durumlarda bulmak mümkün değildir. Eğer, uzman bilgisi büyük oranda erişilebilir bir bilgi ise bunun uzman sistemini yapmak uygun değildir. Bununla beraber, petrol arama ve tıp gibi alanlarda çok özgünleşmiş nadir bilgiyi, uzman sistem daha ucuza mal edebilir ve gerektiğinde bunlardan yararlanabilir. Problem sembolik akıl yürütme teknikleri kullanılarak çözülebilmelidir. Elle ya da fiziksel bir beceri gerekmemelidir. Problem iyi yapılandırılmalı ve sağduyuya dayanan bilgiyi çok gerektirmemelidir. Bunu elde

etmek ve sunmak çok zordur. Çok teknik alanlarda bu durumun tersine olarak iyi biçimlendirilebilen bilgi sayısı da fazla değildir. Problem daha geleneksel bilgi işlem yöntemleri ile çözülememelidir. Uzmanlarla ortak ve beraberce çalışılmalıdır”⁷⁷

Bilindiği gibi bazı uzman sistemlerin aynı zamanda öğrenebilme kabiliyetine sahiptir. İleri derece de yapay zeka teknolojisine sahip uzman sistemlerin öğrenebilmesi için yine uzman insanlara ihtiyaç duyacaktır. Uzman sistemlere yüklenen verilerin yanı sıra uzman insanların deneyimlerinin doğru biçimde sisteme aktarılması gerekir. Alanında uzman insanlar kazandığı deneyimi aynı anda sisteme aktarmalıdır ki daha sonra karşılaşılabilecek bir problemin çözümü daha kapsamlı hesaplanabilsin. Eğer öğrenebilir uzman sistemler uzman insanların deneyimleriyle geliştirilirse sistemin ileride karşılaşılabilecek bir problemi tıpkı uzman insan gibi çözümlemesi sağlanabilir. Uzman insan ve öğrenebilir uzman sistemler ortak noktalarda birlikte hareket ederlerse uzman insanlar hem işlerini kolaylaştırmış olacak hem de maliyet/zaman açısından kazançlı çıkacaktır

2.2.2. Tıp ve Diğer Disiplinlerdeki Uzman Sistemler

Tıbbi tanıdaki karmaşıklık ve belirsizlik, tanısal sürecinin öğrenimini, öğretimi ve uygulanmasını zora sokmaktadır. Bulanık mantık sistemlerinin belirsizliğin bazı tiplerini modellemedeki başarısından dolayı yaygın bir şekilde çeşitli tıbbi alanlarda da uygulama imkanı kazanmıştır. Karmaşık, bulanık ve çatışan durumları yaklaştırma yeteneği bulanık mantığa dayalı sistemlere göre avantaj kazandırmaktadır. “Uzman sistemlerde bulanık mantığın ilk dönem başarılı bir uygulaması hastane bilişim sisteminden tıbbi kayıtları alıp bunları tıbbi bilgi haline çeviren CADIAG adlı bir sistemdir. Bu sistemde bilgi bulanıklaştırılıp kurallara göre kodlanıyordu. Sistem tanısal bilgi üretmek bulanık için bulanık mantıksal sonuç çıkarma mekanizmasını kullanılmaktadır. Sistemin daha ileri bir versiyonu olan CADIAG-2’nin romatoloji, gastroenteroloji ve hepatoloji alanlarında uygulamaları bulunmaktadır.”⁷⁸ Bulanık mantığın tıptaki en önemli işlevi, hastalığın belirtisi ile hastalık arasındaki ortak noktaları açıklamaktır. Bu yaklaşım kullanılarak bilgisayar destekli tanı sistemlerinin bulanık tipleri geliştirilebilmiştir. “Tıpta bulanık uzman sistem uygulamalarında iki ana dal bulunmaktadır. Bu ayrım 1970’lerde, Zadeh’nin EB-EK bileşke kuralının farklı araştırmacılar tarafından değişik şekillerde kullanımı ile ortaya çıkmıştır. Londra’da ise

⁷⁷ Beyan, T ve Baykal, N. A.g.e., s.291.

⁷⁸ Beyan, T ve Baykal, N. (2004). Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Ankara: Bıçaklar Kitapevi. s.317.

Sedrak Assilian ve Ebrahim Mamdani ile bulanık denetleyiciler başlarken, Marsilya’da Elie Sanchez tarafından bulanık bağıntılar öne sürülmüştür. Sonraları bu iki kavram üzerine kurulmuş bilgi tabanlı sistemler ortaya atılmıştır.”⁷⁹ Günümüzde bulanık mantık temelli çok sayıda tıbbi uzman sistem ve karar destek sistemleri geliştirilmiş durumdadır. Bunlar, daha çok karar verme, tanı süreçleri, görüntü yorumlama, görüntü işleme gibi işlevleri ön plana çıkarmaktadır. Bazı uzman doktor sistemleri hastanenin girişinde hastaları karşılamakta, ilk yapılması gerekenler için hastalara yol göstermekte, gerektiği durumlarda kan tahlili de yapabilmektedir. Hastalarla belli komutlar çerçevesinde konuşabilen bu uzman sistem, kanamalı bir hastalığı yoksa hastaya ilk müdahaleyi yapabilmektedir. Gelecekte uzman sistemler tıp alanında çok daha geniş yer alacağı bilim adamları tarafından düşünülmektedir. Yine de o kritik soru gelecekte uzman doktorların yerine alabilecek kadar gelişmiş hale gelebilecek midir? Şimdilik bilim adamları bu sistemlerin öncelikli olarak hayal kuramadıklarından ve karar mekanizmalarında ki sezgisel dokular bulunmadığından dolayı bunun uzun yıllar gerçeklemeyeceğini düşünmektedir.

2.3. Sibernetik Sistemlerin İnşasında Bulanık Mantık Katkıları

2.3.1. Sibernetik kavramı ve tanımı

Sibernetik, kelime ve anlam olarak eski Yunanca “kübernetes” sözcüğünden gelmektedir. “Eski Yunan filozofu Platon bir kitabında, “kübernetes”i, “iyi yönetimde bulunmak” anlamında kullanmıştı. Çünkü Eski Yunanca ’da “Kübernetes”, “gemiyi yöneten pilot” yani kısaca “dümenci” demektir.”⁸⁰

Bir bilim disiplini olarak sibernetik, kelime kökenine da bağlı kalarak canlı veya cansız varlıkların idare edilmesi (yönetimi) anlamına gelir. Özellikle organizmaların en iyi şekilde yönetilmesi anlamına gelen sibernetik, günümüzde özellikle Batılı ülkelerde çok önemsenmekte ve bu alan üzerine üniversitelerde ders olarak okutulmaktadır. Sekiz yüzyıl önce ropotlar yapan Türk Bilgini Cizreli Eb’ül İz’in, yüzyıllar öncesinden sibernetiğin temellerini attığını kabul edilmektedir. Artukoğullarından Diyarbakır Hükümdarı Eb’ül Feth Mahmut İbn-i Mehmet İbn-i Karaslan için çalışan hizmetkarların, ikram yaparken ellerinin temizliğinden şüphelenmesi üzerine, El Cezeri, “otomatik meyve ikram eden ve otomatik içecek servisi yapan robot makineler” yaptığı kaynaklarda görülmektedir. Hatta otomatik abdest alma makinesi icat ettiği de yine kendisinin yazdığı, “Otomatik Aygıtlar, Bilim ve

⁷⁹ Beyan, T ve Baykal, N. A.g.e., s.318.

⁸⁰ Eflatun, (1946). GORGIAS, (Çeviren Erban. R), Ankara: Milli Eğ. Bak.Ya. S. 38.

Sanatın Kitabı”⁸¹ isimli eserinde bildirilmektedir. Arapça yazılmış olan bu kitap, Topkapı Sarayı Üçüncü Ahmet Kitaplığında ve Batı’daki birçok üniversitede bulunmaktadır.⁸²

Sibernetiğin ilk adımlarının, insanoğlunun kendi iç organlarının birbirleriyle olan muhteşem bağlantısının fark edilmesiyle atıldığı düşünülebilir. İnsanın iç ve dış, tüm organlarının birbirleriyle iletişim kurabilmekte, uyumlu ve ahengi daha büyük bir organizma (insan bedeni) oluşturabilmektedir. Organların bu ahenkli ve etkileşimli birlikteliği yani organizasyonu, insana, cansız makineler yapma ve onları yönetme fikri sunmuştur. Sibernetik böylesi bir fikrin sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu konuda şu örneği verebiliriz:

“İkinci Dünya Savaşının en şiddetli hava saldırılarının yapıldığı 1943 yılında, Amerika Birleşik Devletlerinin Harward Üniversitesi Tıp Fakültesi Profesörlerinden Dr. Cannon’un evinde her ay düzenlenen toplantıların birinde tanışmış olan Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) Matematik Profesörü Norbert Wiener ile Dr. Bigelow ve Tıp Fakültesinde Fizyoloji Profesörü olan Dr. Rosenblueth ile ilginç bir konuda tartışmaya başlamışlardır. Konu, savaşın en etkili silahı olan Bombardıman Uçakları ile bunları düşürecek olan Uçaksavar Toplarının durumu idi. Uçaksavar topundan fırlayacak olan merminin havada patlayacağı yer, tartışmaların en önemli kısmını oluşturuyordu. Matematikçiler ile fizyologlar, şimdi çok ilginç bir konuyu incelemeye girişmişlerdi. Mermi, uçağın yanında patladığı anda pilot, ne gibi davranışlarda bulunabilirdi? Pilot, önündeki levyeyi kendine doğru mu çekecektir? Öne doğru mu itecektir? Uçağı alçaltacak mı, yoksa yükseltecek midir? Bu davranışları bilerek mi yapacaktır? Yoksa bu hareketler kendiliğinden mi ortaya çıkacaktır? Çünkü ‘sinir sistemimiz’ içinde akan animal akımlar, (tıpkı elektrik sistemlerinde olduğu gibi) evet-hayır yani açık-kapalı biçiminde cereyan etmektedir. Tam bu sırada Wiener, Rosenblueth’a şu soruyu yöneltmiştir: Organlar arasındaki haberleşme “feed-back” şeklindeki akım alış-verişi ile oluyor ise “geri merkez”de bir tıkanıklık ya da herhangi bir hasar olduğu anda, bu ‘geri merkez’in, belirli davranışı meydana getirecek olan emirleri iletememesi gerekir. Organizmada böyle bir durum olmakta mıdır? Rosenblueth bu soruyu şöyle yanıtlamıştı: ‘Beyindeki cerebellum’da yani arka kafa çukurunda bulunan kısımda bir hasar olduğu

⁸¹ Akman, T. A.g.e., s.23.

⁸² Arapça “Kitāb fī ma-’rifat al-Hiyal al-handasiyya” adıyla yazılmış olan bu kitap, Topkapı Sarayı Üçüncü Ahmet Kitaplığında ve Avrupa’daki birçok üniversite kütüphanesinde bulunmaktadır. Bkz. Akman (2003), s. 23.

taktirde, kontrol kaybolabilir.’ Bu cevap ile başlayan tartışma, üç bilim adamını birbirine daha çok yaklaştırmıştır. Böylelikle sibernetik bilimin ilk kıvılcımı sayılabilecek olan “Behaviour, Purpose and Teleology” adlı makale, onların müşterek imzaları ile yayınlanmıştır. Bu makale ile organizmamızda organlar arasında kendiliğinden cereyan etmekte olan “bilgi alış-verişinin” makinelerde de kurulabileceği ilk kez ortaya konulmuştur.”⁸³

Yukarıdaki bu örnekten de anlaşılacağı üzere aslında insanoğlu sibernetik bilimini de kendinden esinlenerek meydana getirmiştir. İnsan beyninin emir komuta zincirinin makinelere en iyi şekilde aktarılabilmesi için yıllardır çalışılmaktadır.

Makinelerin, insan organizması gibi mükemmel bir geri bildirim sistemiyle çalışabilmesi için bilince sahibi olmaları gerektiği öne sürülebilir. Bir insanın, başka bir insana bir bardak su uzatabilmesi sürecinde birçok emir-komuta zinciri meydana gelmektedir. Öncelikle beyin, kola içi su dolu bardağı kaldırmasını emreder. Kol, bardağı kaldırdıktan sonra vücudun tamamı ile öncelikle bacaklarla olmak üzere bir irtibata geçer. Daha sonra karşısındaki insanın kendisine olan uzaklığını göz ile tespit eder. Gereken uzaklığın hesaplanmasının ardından uzatma işlemi başlar; içi su dolu bardak karşı taraftaki insanın eline teslim edilir. Tüm bu eylemler ve emir komuta zinciri, elektrik hızından bile daha hızlı bir sistemde gerçekleşir. Öte yandan beyinde, bunun dışında başka birçok faaliyet de aynı anda devam eder. İşte bu mükemmel geri bildirim ya da emir komuta zinciri makinelere uygulanabilir mi? Bu soruya günümüzde verilen cevap, “Kısmen evet!” biçimindedir.

İnsanda kalp gibi birçok organ, herhangi bir bilinçli emir beklemeden, istem-dışı biçimde yani kendiliğinden çalışırken birçok organ da bilinçli bir komutla bir işlem gerçekleştirmektedir. İstem-dışı çalışan sistemlerin taklit edilmesi zor olsa da yukarıdaki su verme örneğinde olduğu gibi, insanın iradesi ile gerçekleşen faaliyetleri makineler tarafından taklit edilemez mi? İşte bu sorunun cevabı halen aranmaktadır. Bu arayış, aslında “bir makine-insan arayışı” olarak adlandırılabilir. Fakat tam da bu noktada, bilinç (şuur) kavramı gündeme gelmektedir. Henüz bilinçli yani kendi varlığının farkında olan ve kendi kararlarını kendi iradesiyle alan, tümüyle önceden belirlenmemiş bir makine üretilebilmiş değildir. Eğer bilinci olan ve hayal kurabilen makineler üretilirse işte o zaman insanlık için dev bir adım atılabilir.

⁸³ Akman, T. A.g.e., s.23.

2.3.2. Beyin Sibernetiği ve Biyonik

Beyin sibernetiği kavramı ilk olarak Alexander Friedrich Marfeld tarafından, “Beynin Sibernetiği” adlı kitapta kullanılmıştır. İnsan kendini tanıyabildiği ölçüde daha mükemmele yakın makineler üretebilir. Sibernetik için de en önemli organ beyindir. Beyin tanınabildiği ölçüde sibernetik bilimi ilerleyebilir. Bu nedenle sibernetikle uğraşan bilim adamlarının öncelikle beyni ve işleyişleriyle ilgilenmeleri gerekir. Toygar Akman’ında belirttiği gibi, bir sibernetikçi, konuyu ele aldığı zaman her şeyden önce beynin içindeki bilgi iletim merkezlerini bir bilgisayar ile değerlendirmeyi düşünür. Bu nedenle de beynin kendisine bağlı organlar arasındaki haberleşme yanı sıra bilgisayar ile bilgi iletimini de göz önünde bulundurur. Bu beyin – bilgisayar analojisi geliştiği oranda sibernetik de gelişecektir.”⁸⁴ Rodvick’e göre beden ve akıl sağlığın tespitlerinde kullanılmak üzere aslında “yapay beyin” olarak adlandırılacak nitelikteki bilgisayarlar, yakın bir gelecekte “nesnel psiko-analiz yapabilecek şekilde doğrudan insan beyniyle iletişim kurabilirler.”⁸⁵

Beynimiz muhteşem bir ahenkle çalışmaktadır. Bir yandan terminal duyulardan gelen basınç duyusu, ısı duyusu, ağrı duyusu, koku alma duyusu, tat duyusu vb. en ince ayrıntılarına kadar algılamakta ve ayırt edilmektedir. Öte yandan ön beyin, arka beyin ve beyin sapı sistemlerinin, diğer otonom sistemlerle bir arada ve koordineli bir biçimde çalışmasını ayarlamaktadır. İnsan vücudunun içerisindeki her organ gibi beyin de mükemmel bir uyum içerisinde işlevlerini yerine getirmektedir. Beyin korteksi ile otonom sinir sistemi arasında ki ilişkiyi şu örnekle inceleyelim:

*“Bir çok gündelik gözlemlerimiz, ‘Beyin Korteksi’ ile otonom sinir sistemi arasında, bir ilişkinin bulunduğunu işaret etmektedir: Korku ve heyecan anında yüzün sararması ya da kızarması, terleme, kan basıncının ve kalp vurgularının değişmesi gibi. Bazıları, iradeyi terbiye etmek ve kuvvetlendirmek suretiyle heyecanlarını kontrol edebilir hatta pupilla sfinkteri, kalp vurumu gibi bazı otonom fonksiyonlara dahi, iradesel olarak hakim olabilirler. Bütün bunlar, korteksin otonom sinir sistemi üzerine ayarlayıcı bir etkisi olduğunu işaret etmektedir.”*⁸⁶

⁸⁴ Akman, T. A.g.e., s.208.

⁸⁵ Rodvic, D. (1975). As Man Becomes Machine, Sphere Books. London. s.106.

⁸⁶ Winterstein, H. (1957). Fizyoloji, İstanbul, s.406.

Peki, beyin ile bilgisayar arasında bilgi - iletişim sağlayacak yeni bir yöntem veya teknik geliştirilemez mi? Sorumuzun cevabı, “Evet!” olabilir. Marfeld, bir yanda biyoloji diğer yanda elektronik kelimelerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuş olan “biyonik” biliminin, bey üzerine yapılan sibernetik çalışmaların doğal bir sonucu olduğunu ileri sürmektedir. Marfeld şöyle söylemektedir:

“Biyonik, organizmaları örnek alan mühendislik sistemlerinin geliştirilmesi çalışmalarıdır. Biyo-sibernetik ve biyonik, hemen hemen aynı konu ile uğraşmaktadır.”⁸⁷

Birçok bilim insanı, beyni bilgisayarda modellemek için çalışmıştır. Milyonlarca nöronlardan meydana gelen beyni, bir bilgisayarda modellemek büyük bir idealdir. Eğer insan beyni, mekanik bir tarzda yani bir makine gibi çalışıyorsa o halde onu taklit edecek modeller geliştirmek mümkündür, diyebilir miyiz? Milyonlarca nörondan oluşan beyni kafatası kadar küçük bir yere kopyalanamasa da daha büyük bir alana kopyalanabilir mi? İnsanlar bilgisayarlarla iletişime geçebilir mi? Bir insanın beynindeki bilgiler elektronik ortamda bilgisayara aktarılabilirse o bilgiler başka bir beyne de aktarılabilir mi? Sibernetik ve biyonik, işte tüm bu soruların cevabı aramaktadır. Aslında bir nevi elektronik ruha doğru yolculuk düşünülmektedir. Lakin bunun gerçekleşmesi birçoklarına göre imkansızdır.⁸⁸

⁸⁷ Marfeld, A.F. (1973). Kybernetik Des Gehirns, Hamburg. s.276.

3. BÖLÜM

APPLE-IPHONE'DAKİ BULANIK UYGULAMALAR

Tezin bu bölümünde bulanık mantık paradigmasının, akıllı telefon uygulamalarındaki kullanım alanları ve uygulama biçimleri incelenmiştir. İletişim araçlarındaki bulanık mantık yaklaşımının uygulama örnekleri incelenerek uygulamaların nasıl bir yol izleyerek bulanık sonuçlar üretebildiği ve böyle bir yöntemle neden başvurulduğu bulgulanmaya çalışılmıştır.

3.1. Akıllı İletişim Teknolojileri ve Yöndeşme Kuramı

İletişim araçları, bilgi akışını sağlayan araçlara verilen genel isimdir. İletişimde bilgi aktarımına bu araçlar aracılık eder. Teknolojinin hızla gelişmesi sonucu yaşamın her kıyısında gerçekleşen değişimler gibi bu değişimler iletişim araçlarını da etkilemiştir. İletişim araçları gelişen teknoloji ile beraber akıllı iletişim teknolojileri adını almaya başlamıştır. Akıllı ibaresi özellikle 1990'ların başlarından 2014'e kadar hızla gelişerek yaygınlaşmıştır. Bu akıllı teknolojilerin temelinde ne yatmaktadır? Bir cihazı akıllı yapan nedir? Bu soruların yanıtlarını arayacağımız bölümümüzde özellikle akıllı telefonlardaki bulanık mantık uygulamalarına değineceğiz. Günümüzün en yaygın ve etkili iletişim teknolojisi, şüphe yok ki telefonlardır.

“Amerika’da 2012 yılında gerçekleştirilen bir araştırmada, 5 farklı yaş grubunu yıllık gelir seviyelerine göre ayırarak akıllı telefon kullanıp kullanmadıkları sorulmuş. Gelen cevaplara göre ortaya çıkan görünüm şu şekilde; en düşük gelir seviyesine (< 50B \$/yıl) ait katılımcıların telefon kullanım oranı 18-34 yaş aralığında %60 seviyesinde. En yüksek (>100B \$/yıl) gelir seviyesinde de 65 yaş üstü katılımcıların %42’sinin akıllı telefon kullandığı ortaya çıkmış. Bu sonuçlar

bize gelir seviyesi yüksek kitlelerin yaş fark etmeksizin, genç yaş profiline ise gelir önemsemeksizin akıllı telefon sahibi olduğunu gösteriyor.”⁸⁹

Akıllı cep telefonlarının (*smart phones*), “akıllı” niteliğini, kullandıkları bulanık mantık şebekeleri sayesinde kazandığı pek az bilinir. Diğer birçok çok fonksiyonlu elektronik cihaz gibi, cep telefonlarının da “akıllanmalarını” sağlayan bilişim keşfi, bulanık mantık kuramıdır.

Teknolojik cihazların nasıl akıllandırıldığı meselesine geçmeden önce, yöndeşme kuramından ve yakınsama hipotezinden söz etmemiz gerekmektedir. Yöndeşme kuramı ve kavramı birçok bilim dalında kullanılmıştır. Fakat ilk olarak kuram “*Convergence theory*” olarak ekonomi alanında ortaya atılmıştır. Daha sonra yakınsama ismiyle de kullanılan kuram birçok alanda kendine yer bulmuştur.

“İktisadi büyüme literatürünün en önemli konularından birisi solow modelinin temel çıkarımı olan yakınsama hipotezidir. Bu hipoteze göre, kapalı ekonomi koşulları altında sermayenin azalan getirisi nedeniyle ülkeler arası kişi başı reel gelir farklılıkları zaman içinde azalma eğiliminde olacaktır. Her ne kadar yakınsama hipotezi 1980’li yıllarda ülkelere ait uzun dönemli makroekonomik serilerin derlenmesi ve ekonometrik tekniklerin geliştirilmesi nedeniyle yaygın bir uygulama alanı bulmuş olsa da, bu hipotez 18. Yüzyıl ortalarından beri iktisatçıların zihinlerini meşgul eden bir konudur.”⁹⁰

Yakınsama hipotezinin birçok yaklaşımı olmuştur. Yakınsama kavramı konusunda birçok bilim insanı görüşlerini ve düşüncelerini dile getirmiştir. Abramovitz, 1986 yıllarında yakınsama hipotezinin kısa bir tanımını yapmıştır: “*Belli koşullar altında geride kalmak, başlangıçtaki liderden daha hızlı büyüme kabiliyeti ve üretkenliği yaratır.*” Literatürde yakınsama hipotezinin üç ana kaynağı olduğu öne sürülmektedir. Bunlar; “*Teknolojik yayılım, neoklasik büyüme modeli ve küreselleşmedir.*”⁹¹

İlk yıllarında ekonomik kuramı olarak iktisatçılara ışık kaynağı olan yöndeşme kuramı ilerleyen yıllarda bilişim dünyasında yer almaya ve sıkça adından söz ettirmeye başlamıştır. Aslı, bir ekonomi kuramına dayanan yöndeşme kavramı bilişim sektöründe, farklı cihazlarla

⁸⁹ Blodget, H. <http://www.businessinsider.com/us-smartphone-market-2012-9>, Erişim Tarihi: 08.09.2014

⁹⁰ Ceylan, R. (2010). *Yakınsama Hipotezi: Teorik Tartışmalar*, **Sosyo-Ekonomi Dergisi**, Sayı Ocak-Haziran, s.1.

⁹¹ Rassekh, F. (1998). The Convergence Hypothesis: History, Theory and Evidence, *Open Economies Review*, s.9:85-105.

gerçekleştirilen farklı işlevlerin (*fonctions*), akıllandırılmış yazılım ve donanımları sayesinde tek bir cihazda bir araya getirilmesini ifade eder. Akıllı cihazlar, yöndeşik (*convergent*) olabilme özellikleri nedeniyle birçok fonksiyonu kendilerinde toplayabilmekte, bu işlevlerin her birini etkili (*effective*) biçimde gerçekleştirebilmektedirler. Örneğin yöndeşik cep telefonları ile mesaj gönderebilir, internete bağlanabilir, internet etkinliklerinin tümünü gerçekleştirebilir, fotoğraf çekebilir, gazete okuyabilir, müzik dinleyebilir, bir müzik bestesi yapabilir, metin oluşturabilir, video kaydı yapabilir, oyun oynayabiliriz. Bunları yapabilmek için artık bir bilgisayara, bir fotoğraf makinesine, bir video kayıt cihazına, bir müzik çalara (çoklu ortam oynatıcısı), ihtiyacımız yoktur.

Toplumların ve gündelik yaşamın karmaşıklık seviyesinin gittikçe arttığı günümüzde akıllı yöndeşik cihazlar bizi, çok sayıda cihaz taşıma köleliğinden, zihinsel ve fiziksel dağınıklık olasılığından kurtarmış, bize zaman kazandırmış; işleri ve iş aletlerini tek bir cihazda bir araya getirerek hayatımızı kolaylaştırmıştır. Yöndeşik akıllı telefonlarla yapabileceklerimiz elbette bunlarla sınırlı değildir. Akıllı cep telefonları dışında birçok teknoloji ürünü yöndeşik sıfatını taşımaya başlamıştır. Yöndeşik tablet bilgisayar ve bu bilgisayarların yöndeşik uygulamaları bulunmaktadır. Yöndeşik tablet bilgisayarlar ile masaüstü ve dizüstü bilgisayarlarla karşıladığımız birçok iletişim ve iş ihtiyaçlarımızı tek bir cihaz üstünden karşılayabilmekteyiz. Gerçekleştirilen yöndeşik uygulamalar ile artık bankalara gidip sıra bekleme köleliğinden kurtulmaktayız. Tüm bankacılık işlemlerimizi yöndeşik akıllı cep telefonu uygulamaları ile yapabildiğimiz gibi akıllı tablet bilgisayar uygulamaları ile de gerçekleştirebilmekteyiz. Bunların dışında smart tv olarak adlandırılan akıllı televizyonlarımızda sadece ulusal ve yerel televizyon yayınlarını izlemekle yetinmeyip internet bağlantısı gerçekleştirebilmekteyiz. Ayrıca uzakta ki bir kişi ile yüz yüze görüntülü görüşme gerçekleştirebilmekte ve yüksek grafik seviyesine sahip oyunlar oynayabilmekteyiz.

3.2. Dilbilimsel Değişkenler Kuramı ve Farklı Uygulamaları

Akıllı teknolojilerin temel logaritmalarını, Zadeh'nin geliştirdiği *Dilbilimsel Değişkenler Kuramı* (DDK) ve *Bulanık Kümeler Kuramı* (BKK) oluşturmaktadır. Zadeh, doğruluk değeri olarak dilbilimsel değişkenleri kullanan *Dilbilimsel Değişkenler Kuramını* geliştirmekle yaklaşık (approximation) veya tahmini (predictive) akıl yürütmenin de mantık kuramını geliştirmiş oldu.⁹² DDK, insani hesaplamanın yöntem ve ilkelerini bilgisayarlarda nasıl uygulayacağını göstermekte, böylece bilgisayarla hesaplama

⁹² Semed, M. A.g.e, s. 92.

yöntemlerinin ilkelerini ortaya koymaktadır. “Dilbilimsel değişken” kavramı, insani düşünme biçimin modellenmesine yönelik çevik hesaplama (*soft computing*) bulanık kümeler ve bulanık mantık kuramında önemli kavramlardan biridir.

Günlük dilde kullanılan “sıcak”, “soğuk” gibi niceliğe tekabül eden sözel ifadeler, mantık diline aktarıldığında “dilbilimsel değişken” olarak nitelendirilirler. Bir mantık terimi olarak “değişken” her seferinde farklı değerler içerebilen yapıdır.

Buna benzer dilbilimsel değişkenlerin mantıksal veya matematiksel değerleri, bulanık kümeler kuramı yardımıyla elde edilmektedir. Örneğin günlük yaşamda, oda sıcaklığı matematik diliyle değil, sözel kavramlarla, örneğin “sıcak”, “soğuk” ve “çok sıcak” gibi sözel kavramlarla ifade edilir. Günlük dildeki buna benzer kavramları ve karşılıklarını, bilgisayarların anlayabileceği bir hale getirmek için oda sıcaklığının bulanık modellenmesine ihtiyaç vardır. Bulanık modellemede, bu üç ifadenin her biri, ayrı ayrı bulanık kümeler ile modellenir. Gerçek yaşam deneyimlerinden doğan ve onları tasvir eden sözel değerlendirme ölçütlerine, matematiksel birer karşılık atanır. Bu aşamadan sonra şebeke, diğer bulanık mantık sistemleri gibi çalışmaya, tıpkı bir insan gibi sibernetik bir sistem olarak çevreyle etkileşimli kararlar almaya başlayabilir. Bu konuda aslında verilebilecek en iyi örnek olarak Google mühendisleri tarafından üretilen “*Google Translate*” sistemidir. Bu sistemde yaklaşık 90 dil birbirine çevrilebilmektedir. Ayrıca dili algıla butonu sayesinde yazılan sözel ifadelerin hangi dile ait olduğunu sistem algılamaya çalışmaktadır. Bu sistem aslında dilbilimsel değişkenler kuramı için verilebilecek en iyi örneklerden biridir. Burada bulanık kümeler ve bulanık mantık kuramını tamamen görmekteyiz. Yazılan sözel ifadeler bir dilden diğer bir dile çevrilirken bulanık bir hesaplama yapılarak yaklaşık en iyi çeviri hesaplanmaya çalışılmaktadır. Sistemde değişkenler yaşayan bir organizma gibi sürekli değişmekte ve yaratılmaktadır. Bir toplumda ortaya çıkan bir toplumsal olay sonucu yeni jargon diye tabir edebileceğimiz kavramlar türemektedir. Sosyal medyanın veya televizyon programlarının etkisi ile ortaya çıkmış olan “*Yıkılıyor bu çikolatalı gofret*” ifadesi yeni türetilmiş ve “*Google translate*” sistemi bunu algılamakta veya çevirmekte zorluk yaşamıştır. Çünkü o dakikaya kadar yıkılıyor kelimesi olumsuz anlamda diğer dillere çevrilmiştir. İşte bu noktada yıkılıyor kelimesinin bu cümle için olumlu bir şey olduğunu sistemin öğrenmesi için belirli bir zamana ihtiyaç duyacaktır.

İnsan gibi düşünen ve karar alabilen yapay zekâlı makinelerin üretim amacı göz önüne alındığında DDK’nın önemi daha da belirgin hale gelmektedir.

3.2.1. Ses Frekanslarını Yazıya Dönüştüren Bulanık Mantık Uygulaması

Ses frekanslarını yazıya dönüştüren bulanık mantık uygulamaları bulunmaktadır. Bunların içinden en başarılı olarak görünen “Dragon” isimli programdır. Bu program Google ‘ın uygulamalarında sağladığı gibi ses frekanslarını yazıya dönüştürebilmektedir. Bunu yaparken bulanık mantık alt yapısını kullanmaktadır. Program çok sayıda ses frekansını hassas bir çözümlemeye ile ayıklayarak yazıya çevirmektedir. Özellikle gazetecilerin çalışma hayatına büyük rahatlık getiren bu uygulama sistemleri haberciler için günümüzde önemli yer tutmaya başlamıştır. Program kendine en yakın olarak algıladığı ses frekanslarını ayıklayarak yazıya dönüştürmektedir. Haberciler bir programa veya açıklamaya gittikleri zaman konuşmacının sesini yeniden yazıya dökmek için uğraşmak zorunda kalmamaktadır. Bu programı açarak konuşma kürsüsüne koymakta ve uygulama algıladığı sesi yazıya dönüştürmektedir. Böylelikle gazeteciler yeniden konuşulanları yazmak yerine sadece programın yazıya döktüğü metinde haber olabilecek cümlelerin yerini değiştirmektedir. İşte görüldüğü gibi bulanık mantık günümüz teknolojisinde akıllı diye tabir ettiğimiz hemen hemen tüm cihazların alt yapısını oluşturmakta ve birçok meslek alanının uygulama kapsamına girmektedir. Aşağıdaki şekil 3’de Dragon uygulamasının arayüz görüntüsünü görebilirsiniz.



Şekil 3: Dragon uygulamasının Arayüz Görüntüsü

3.2.2. Google ’un Ses İle Çalışan Bulanık Mantık Uygulaması

Daha önce yazdığımız cümleyi bu konu başlığında yeniden yazılmasını faydalı görüyorum. “Akıllı” ibaresi taşıyan tüm teknolojik cihazların ve uygulamaların alt temelinde bulanık mantık yatmaktadır. Bunu sadece ben söylemiyorum. Türkiye’de bu konu hakkında konferanslar veren, makaleler ve kitaplar yazan Zekai Şen söylemektedir. Daha önce verdiğimiz örneklerde olduğu gibi Google’da gerek Android işletim sistemine sahip telefon ve tabletlerde gerekse ios işletim sistemine sahip iletişim araçlarında bulanık mantık temelli uygulamalar yatmaktadır. Yüzde yüz başarılı olunması çok zor olan bir alanda “Ses Algoritması” alanında son zamanlarda çok başarılı çalışmalar yapmıştır. İnsan ses frekanslarının birbirlerinden çok ince farklarla ayrıldığından dolayı ses komutlarını emir olarak kabul edip uygulamalarda başarıya ulaşmak son zamanlara kadar çok zor bir iş olarak görülmekteydi. Google bu alanda en iyi uygulamaları gerçekleştirdiği düşünülebilir. Google’un iPhone ve iPad için tasarladığı “Google arama motoru” uygulaması Google’un alanda çok başarılı olduğunu ispatladı.

“Tek tıkla arama yapmaya başladığımız 1997 yılının üzerinden 16 yıl geçmiş. Geriye dönüp baktığımızda bizi hayretlere düşüren pek çok gelişme içerisinde Google’ın yeri bambaşka. Bir anda bilgi çağının göz bebeği konumuna gelen Google 2014’e kadar arama motoru servisinde pek çok güncelleme ve algoritma değişikliğine gitti. En başarılı çalışmalardan biri, sesli arama yapabilme özelliği oldu.”⁹³

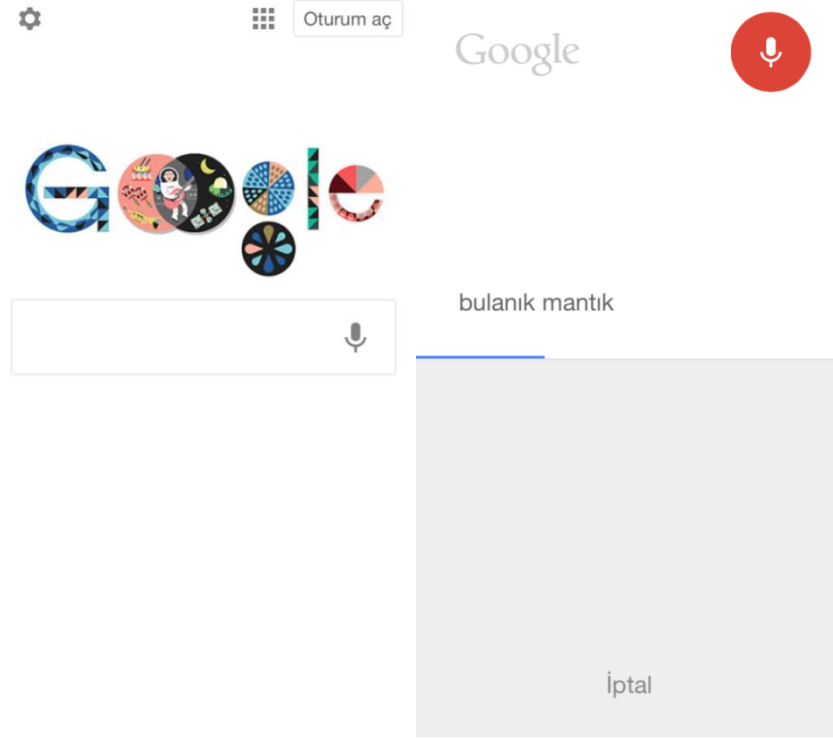
Uygulama öncelikle ses frekanslarını yazıya dönüştürüyor. Daha sonra o yazının içeriğini Google arama motorunda aranmasını sağlıyor. İşte yine karşımıza bulanık mantık çıkmaktadır. Çünkü sayısını söyleyemeyeceğimiz kadar ses frekansını ayırt edip, algılayan sistem istediğimiz içeriği ekranımıza getirebilmekte. Bu noktada da hassas bir araştırma yapıp dengeli bir çözüm sunabilmektedir.

“Google’ın en iyi özellikleri tek uygulamada. Sesli arama ile ellerinizi kullanmadan arama yapın. Başlamak için mikrofona dokunmanız yeterli. Ayrıca, Google Asistan kartları ve bildirimleri sayesinde yanıtları daha sorunuzu sormadan alırsınız”⁹⁴

⁹³ Doganay, S. (2014). Hummingbird: Yeni Google Arama Motoru Algoritması, <http://www.sertacdoganay.com/hummingbird-yeni-google-arama-motoru-algoritmasi/>, Erişim Tarihi: 11.09.2014

⁹⁴ <https://itunes.apple.com/tr/app/google-search/id284815942?l=tr>, Erişim Tarihi: 11.09.2014

Aşağıdaki fotoğraf 4’de Google’un iPhone telefonları için ürettiği “*Google Arama Motoru*” uygulamasının arayüz fotoğrafını görebilirsiniz.



Şekil 4: Google’un iPhone İçin Ürettiği Uygulamanın Arayüz görüntüsü

3.3. Apple Markası ve Iphone’daki Bulanık Uygulamaları

3.3.1. Apple-Iphone markasının doğuşu

Steve Jobs ve arkadaşı Steve Wozniak’ın teknolojiye olan ilgileri, 1972 yılında Hawlett-Packard şirketinde yarım günlük işe girmelerini sağlamıştı. Bu dönemde ev yapımı bilgisayarlar üzerinde çalışmaya başlayan ikili, ticari açıdan da birbirini tamamlamaktaydı. Hem Jobs hem Wozniak ilerleyen yıllarda yaptıkları açıklamalarda, Apple’ın kuruluşuna giden yolu birbirlerini iyi tamamlayan bir ikili olmalarına bağlıyorlar. Onlara göre Wozniak’ın bilgisayar konusundaki bilgisi ve olağanüstü yeteneği, Jobs’un bilgisayarlara olan ilgisi ve pazarlama yeteneği ile birleşerek Apple’ın kurulmasını sağladı.

“İlk iPhone tanıtımı için hazırlıkların oldukça zorlu geçtiğini söyleyen Grigon, Jobs’un birkaç kez kendisine bağırıldığını, ‘başarısız olmaları halinde bunu nedeninin kendisi olacağını’ söylediğini iletiyor. Jobs’un üzerindeki baskına değinen Grignon, provalarda her defasında farklı bir şeyin yolunda gitmediğini, bunun kendisi için hiç de iyi bir his olmadığını söylüyor.

Ancak tüm bu güçlüklerin ardından ilk *Iphone*'un tanıtımı, hiçbir sorun olmadan gerçekleşmiş ve akıllı cep dünyası *iPhone* ile önemli yeniliklere kapısını açmıştı. Akıllı ibaresi taşıyan her cihaz gibi *iPhone* işletim sistemi ve mobil uygulamaları bulanık paradigmanın bilgi-işlem mantığına dayanmaktadır. Tezimizin ilerleyen bölümlerinde bulanık mantığın *Iphone* uygulamalarındaki yerini inceleyeceğiz.

Cep telefonları için kullanılan “akıllı” niteliği, cep telefonlarının insanoğlunun birden fazla farklı iletişim ihtiyacını bünyesinde barındırmaya başlamasıyla başladı. Ardından akıllı sıfatı cep telefonlarına eklenen uygulamalar ile genişledi. Elbette bu akıllı ibaresinin bir serüveni bulunmaktadır. Bu serüvenin kısa bir özetini yaptıktan sonra derinlemesine irdelleyeceğiz. Zadeh'nin “*Bulanık Kümeler ve Bulanık Mantık*” kuramı ve bilim insanların yapay zeka üzerine çalışmaları ile “ Soft Computing, Dilbilimsel Değişkenler Kuramı, Z-Çevirme) kuramlarının geliştirilmesi ile bulanık teknolojiler meydana gelmiştir. Ardından akıllı teknolojilerin doğuşuna şahitlik etmekteyiz. Aslında ardı ardına ve belirli zamanlarda ortaya çıkan bu kuramlar birbirlerine eklenerek genişlemişlerdir. Bu ifade ettiğimiz kuramları tek tek ele almadan önce akıllı cep telefonlarını akıllı olmadığı düşünülen telefonlardan ayırt eden özellikleri biraz inceleyelim. Bir cihazı akıllı olmasını sağlayan nedir? Bir cihazın akıllı olabilmesi için öncelikle insanoğlunun birden fazla iletişim ihtiyacını karşılaması ve insana benzer bir düşünce sistemine sahip olması beklenir. Dev teknoloji firmalarından Samsung'un internet sayfasında cep telefonlarına akıllı ibaresinin eklenme sebebini şöyle açıklamaktadır:

*“Mobil teknoloji büyümesi, son birkaç yıldır hızlı adımlarla tüm sınırları aşarak patladı. Ahizeler, artık onlara zar zor telefon diyebildiğimiz için mazide kaldı. Bu nedenle, arama, video oynatma, fotoğraf çekme ve çok daha fazlasını yapan bir cihaza yalnızca telefon görüşmesi yapan bir araçtan çok daha fazlası olduğu için artık Akıllı Telefon diyoruz.”*⁹⁵ ...

Samsung yetkililerinin sözünü ettiği gibi akıllı telefonların arama yapmasından çok diğer faaliyetleri ön plana çıkmaktadır. Oyun oynamak, video izlemek, fotoğraf çekmek, internette sörf yapmak, sosyal medya da milyarlarca insanla aynı anda iletişime geçebilmek ve daha fazlası. Gelişen teknoloji ve yukarıda ifade ettiğimiz süreç bizlere akıllı cep telefonlarını getirdi. Şimdi akıllı ibaresini sadece cep telefonlarına değil, televizyonlara, buzdolaplarına, çamaşır makinelerine, ütülere, ses sistemlerine ve birçok teknoloji cihazına getiren süreci inceleyelim. Öncelikle Zadeh'nin “*Bulanık Kümeler ve Bulanık Mantık*”

⁹⁵ <http://www.samsung.com/tr/article/what-makes-smart-phones-smart>, Erişim Tarihi: 08.09.2014

kuramı bu sürecin başlangıcını oluşturduğunu söyleyebiliriz. Çünkü Zadeh'nin bu kuramı ile ilk defa sözel ifadeler matematiksel modellemelerin içine girmeyi başardı. Ardından bu mantık sistemi teknolojiye uyarlanmaya başlandı. Yani insan düşünce sistemi teknoloji ile buluştu. Bu teknolojilerin akıllı ibaresini taşıması için büyük bir adım oldu. İnsanoğlunun aldığı karar aşamalarında verdiği kusurathlı veya hassas kararlar makinelere uyarlanmaya başlandı. Bunun ardından yine Zadeh'nin kuramlarından olsan “*Soft Computing*” kuramı devrim niteliğı taşıdı.

“Elektronik uzmanları, beyin hücreleri nöronlara benzer çalışan düzenekler yapma hedeflerine 1990 yılında L.Zadeh'nin “Soft Computing” kuramını geliştirmesiyle bir adım daha yaklaştılar.”⁹⁶

Şevki Işıklı'nın “*Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler*” makalesinden aldığımız bilgilere göre, soft computing teriminden anlaşılması gereken “*kendi kendini tekrar kurabilen hesaplama işlemidir.*” Zadeh'nin son kuramı olan “*Soft Computing*” kuramı bilim insanlarına insani düşünmenin modellenmesi konusunda katkı sağlamıştır. Yine Zadeh'nin geliştirmiş olduğı doğruluk değeri olarak dilbilimsel değışkenleri kullanan “*Dilbilimsel Değişkenler Kuramını*” geliştirmekle yaklaşıksal (*approximation*) veya tahmini (*predictive*) akıl yürütmenin de mantık kuramını geliştirmiş oldu.⁹⁷ Günlük dilde kullanılan “sıcak”, “soğuk” gibi niceliğı tekabül eden sözel ifadeler, mantık diline aktarıldığında “dilbilimsel değışken” olarak nitelendirilirler. Bu sözel ifadelerin makinelere üzerinde uygulanmaya başlaması akıllı sıfatının teknoloji cihazlarına yerleşmesini sağlamıştır. Daha sonraları ortaya çıkan uzman sistemler, özellikle öğrenebilen uzman sistemler bir diğerk adı ile öğrenebilen akıllı yapay zeka uygulamaları ortaya çıkmıştır. Aslında bu sistemleri çok uzakta aramamıza gerek yoktur. Her gün milyarlarca insanın bilgi, video, oyun, film, müzik aradıkları “*Google Akıllı Arama Motoru*” tam anlamıyla öğrenebilen bir uzman sistemdir. Kendini kullanıcıları tarafından girilen veriler ile yenileyebilen ve düzeltebilen akıllı sistem dev bir veri bankası niteliğinde. Ayrıca bu sistem kendi içerisinde hızlı bir istatistik yaparak aranmak istenen konuyu arama sayısına göre eşleştirip tahmin etmeye çalışmakta. Bulanık teknolojilerin genişleyerek ilerlemesi günümüz akıllı iletişim teknolojilerini doğurdu. Yapay zeka üzerine geliştirilen kuramlar ve bulanık mantık kuramı anlattığımız bu süreç doğrultusunda ilerleyerek ve bir noktada güçlerini birleştirerek günümüz akıllı cep telefonlarını meydana getirmiştir.

⁹⁶ Işıklı, Ş. (2010), Lotfi. A. Zadeh'nin Hayat Hikayesi ve Bulanık Paradigmanın Üç Temel Unsuru. Kutadgubilig *Araştırma Dergisi*, Sayı: 17, ss.9.

⁹⁷ Samed, M. A.g.e., s.92.

iPhone'un tümleşik olan kamera sistemine değinmeden önce bulanık mantığın kameralar üzerinde ki işlevini ve fonksiyonel özelliklerini irdelemek daha yararlı olabilir. Örneğin,

“Bulanık mantık dizgesine dayanan görüntü çekme işlemini sağlayan aygıtlar, otomatik odaklama yapan klasik makinelerden bile daha net bir görüntü sunmaktadır.”⁹⁸

Bulanık mantık sayesinde daha iyi otomatik netleme yapan görüntü çekme işlemini sağlayan aygıtlar gelişen yapay zeka teknolojileri ile beraber insan yüzündeki değişiklikleri tespit eden ve kontrol eden sistemlerin gelişmesini sağlamıştır. Böylelikle yeni nesil fotoğraf çekme aygıtlarında gülümsemeyi yakalama fonksiyonları bulunmaktadır. Görüntü çekme işlemini sağlayan aygıtların, otomatik enstantane ve diyafram ayarlamasını ortamdaki ışığın geliş açısına ve derecesine bağlı olarak hesaplaması bir bulanık mantık işleminin gerçekleşmesi anlamına gelmektedir.

iPhone'un tümleşik olan kamera sistemi yukarıda sözünü ettiğimiz yeni nesil kamera sistemlerinin özelliklerini taşımaktadır. Telefonun kamerası ile çekim yapmak istediğimiz zaman bir yere doğru objektifini yönlendiririz. Daha sonra odaklamasını istediğimiz noktayı telefonun dokunmatik ekranı üzerinden parmak ucumuzla dokunuruz. Bu dokunma özel sensörleri sayesinde algılanır ve bizim istediğimiz noktayı görüntüde netler. Öte yandan diyafram ve enstantaneyi ayarlar, ışığın geliş yönüne ve ısısına göre hassas bir değerlendirme yaparak en iyi sonucu bulmaya çalışır. Bir fotoğraf çekerken veya görüntüyü kaydederken birçok farklı durumu aynı anda değerlendirerek ortalama en iyi sonucu bulmaya çalışır. Olasılıkları hassas bir çözümleme ile en şekilde değerlendirerek en iyi sonuçları bulmaya çalışır. Aşağıdaki fotoğraf 5'de iPhone'da kullanılan kamera sisteminin bir örneğini görebilirsiniz. Örneğimizde Dr. Toygar Akman'ın kitap kapağı çekilmiştir. Tümleşik kameramız dokunmatik ekranı aracılığı ile parmak ucu ile seçilen yeri odaklamıştır. Odaklama işlemini bulanık mantık şebekeleri ile gerçekleştirmiştir. Seçilen bölgenin ışık ayarlarını gelen ışığın geliş açısı ve ısısına göre kümeleştirmiş ve en iyi odaklamayı, en iyi görüntü düzeyine ulaşmak için yakın sonuçlar üretmiştir.

⁹⁸ Işıklı, Ş. A.g.e., s.98.



Şekil 5: iPhone Cep Telefonlarının Kamera Arayüz Görüntüsü

Öte yandan iPhone üzerinde bir blok uygulama ana sayfasından diğer uygulamalarımızın bulunduğu ana sayfaya geçiş yapmak istediğimizde parmağımızla sağdan sola veya soldan sağa doğru ilerletiriz. Bu akışkanlığı sağlayan özel teknoloji ekranı parmağımızın hareketli dokunuşunu algılayarak geçiş yapmamıza izin verir. Fakat iki blok arasında parmağımızı tutarsak hangi tarafa daha yakınsa (bulanık mantık sistemi) o tarafı seçer ve bize o ana sayfayı gösterir. Bu işlem süreci bulanık bilgi işlem süreci kapsamında şöyle gerçekleşir;

- *Bulanıklaştırma (- fuzzification)*
- *Davranış Tanımlama (- defining)*
- *Netleştirme veya bulanıklığın giderilmesi (- defuzzification)*

Bulanık mantık uygulamaları; bilim, teknoloji ve sanat alanlarında geniş yer bulmaktadır. Bulanık mantık sibernetik biliminin gelişmesine ve akıllı cihazların yaşamın her noktasına ulaşmasını sağlayan en büyük etken olarak görülebilir. Akıllı çamaşır makinelerinden akıllı cep telefonlarına kadar büyük bir yelpazede yararlanılan bulanık mantık sistemini bu konu başlığında biraz daraltarak iPhone’larda kullanılan bulanık mantık

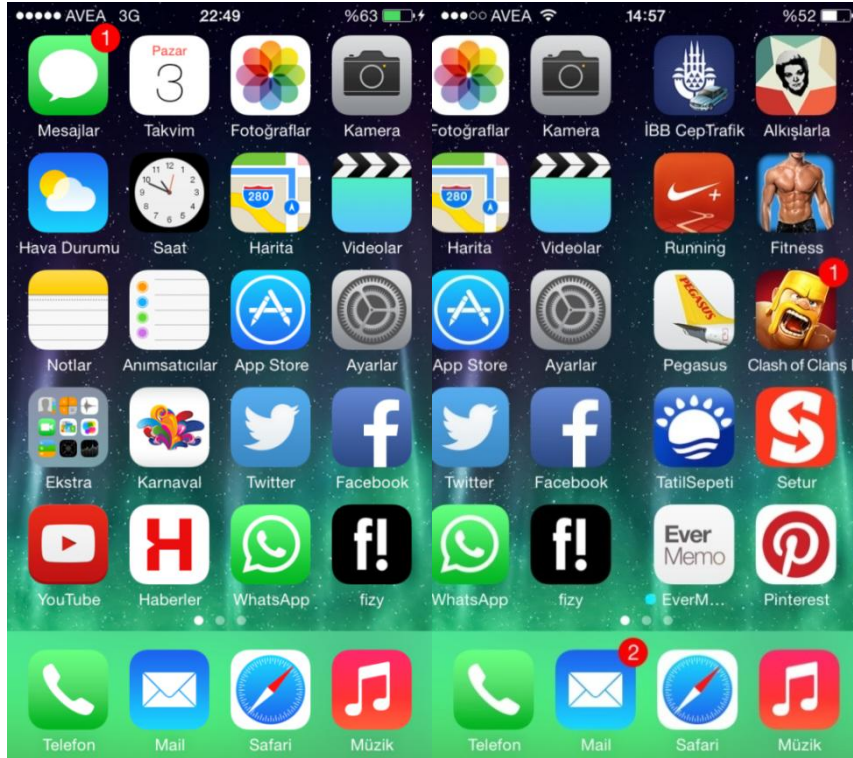
uygulamalarını inceleyeceğiz. iPhone telefonlar, ios tabanlı işletim sistemleri ile çalışırlar. iOS (eski adıyla Iphone Os) Apple'ın başlangıçta iPhone için geliştirdiği ancak daha sonra iPod Touch ve iPad'de de kullanılan mobil işletim sistemidir. Mac OS X'den türetilmiştir. iOS içinde 4 katman bulundurmaktadır: Core OS tabakası, Core Servisleri tabakası, Medya tabakası ve Cocoa Touch tabakası. Yazılım cihazın içinde 500 MB'lık bir alan kaplamaktadır.⁹⁹ İşletim sistemi ilk olarak iPhone için Macworld Conference & Expo'da 9 Ocak 2007'de duyuruldu. Aynı yılın Haziran ayında yayınlandı.¹⁰⁰

İhtiyaç duydukça Apple firması iOS işletim sistemlerini yeniler ya da yapılanmaya gider. Bir bakıma “cep bilgisayarı” olarak düşünebileceğimiz iPhone birçok iletişim ihtiyacımızı tek başına karşılamaktadır. Günümüz teknolojisinde iletişim çok gelişmiş durumdadır. Tek bir akıllı cihaz üzerinden birçok iletişim faaliyeti gerçekleştirilmekte. iOS tabanlı işletim sistemleri üzerine kurulmuş olan *Apple Store*'lar da ücretli veya ücretsiz birçok uygulama bulunmaktadır. İletişim teknolojilerini akıllı yapan uygulamaların mantıksal şebekeleri bulanık mantık paradigmasına dayanmaktadır. Kamera ve fotoğrafçılık sistemleri, ses kayıt programları, iOS tabanlı uçak bileti satış uygulamaları, akıllı öğrenen arama motorları, iOS tabanlı tümleşik bulanık mantık uygulamaları akıllı cep telefonlarına akıllı ibaresinin konulmasının baş aktörleridir. Bu sistemlerin mantıksal şebekeleri bulanık mantık paradigmasına dayanmaktadır.

İşte sistemin karar verirken ki bu çalışması bir bulanık mantık örneği sayılabilir. Çünkü ekran üzerinde hareket ettirdiğimiz parmağımızın hangi tarafı seçeceğini algılamak için hızlı bir şekilde hassas bir hesaplama yapar. Bu hesaplama ileri teknoloji ile ve temelinde bulanık mantık yatması ile gerçekleşir. Yaptığı hassasiyet ve hesaplama ile aslında nereyi seçmek istediğimizi bulanık mantıkla çözmeye çalışır. Bize en iyiye yakın sonuçları üretmek için hızlı bir bulanık hesaplama yapar. Bu işlem sürecini klasik mantık şebekeli bir sistemle gerçekleştiremez miydik? Elbette gerçekleştirebiliriz. Fakat klasik mantık şebekeli programların hassasiyet ölçüsü hiçbir zaman bulanık mantık şebekeli sistemler gibi olamaz. Klasik mantık, bir blok ana sayfasından diğer blokta bulunan ana sayfaya geçiş tercihimizde aynı bulanık mantık şebekeleri gibi kümeler oluşturur. Kümelerin içine ekran üzerindeki parmağın ucu, sol tarafa 2 cm uzaklıkta, sağ tarafa 1 cm uzaklıkta gibi ifadeler üretir. Bu ifadelerden sağ tarafa 1 cm uzaklıkta olan bloğu seçer ve ana sayfayı sağ tarafta ki bloğa

⁹⁹ Haslam, K. (January 12, 2007). "Macworld Expo: Optimised OS X sits on 'versatile' flash", Erişim Tarihi: 09.09.2014

doğru kaydırır. Bulanık mantık şebekeleri peki nasıl bir yol izler? Bulanık mantık sistemi ise yine tıpkı klasik mantık gibi kümeler oluşturur. Kümelerin içine sol tarafa 2.4 cm uzaklıkta sağa tarafa uzaklığı 1.3 cm bu kümelerin işlemlerinden yola çıkarak sağ bloğu seçer ve bir sonuç üretir. Bu durumda ekran sağa doğru kayar. Peki bu durum ne sağlar? Bu durum daha hassas bir çözüm üretmesini ve gerçeğe daha yakın sonuçlar üretilmesini sağlar. Aşağıdaki fotoğraf 6’da Iphone’nun iki ana sayfası arasında geçiş yaparken çekilmiş ekran görüntüsünü görebilirsiniz.



Şekil 6: iPhone Telefonlarının Ana Sayfa Arayüz Görüntüsü

3.3.2. Apple-iPhone'daki Bulanık Paradigma Ürünü Uygulamalar

İnsanlar daha aktif bilgi alabilmek için sosyal medyaya kullanıcı profillerini gönderiyor (Twitter, Facebook, LinkedIn, Forum Siteleri, Paylaşım Siteleri) ve şirketlerin bunu kullanmasına izin veriyor. Şirketler de bu verileri yaklaşan eğilimleri (*trend*) tahmin etmek için kullanıyor. Kullanıcılar, televizyon seyredirken akıllı telefonlardan sosyal ağları ve farklı mobil uygulamaları kullanabiliyor. İşte, tam bu noktada bulanık mantık temelli uygulamalar gündeme geliyor. *Shazam* programı da bulanık mantık şebekesi içeren mobil uygulamalardan yalnızca biridir.

Mobil Shazam Uygulaması, çok geniş bir veritabanı olan ve yerli yabancı şarkıları bulabileceğimiz bir akıllı telefon uygulamasıdır.

“Shazam kullanıcıları; televizyon, radyo veya bir alışveriş merkezinde duydukları müziğin bir kısmını programa kaydediyorlar. Shazam, milyonlarca şarkıyla kaydedilen şarkıyı eşleştirmeye çalışıyor. Sonunda eş iyi eşleşen şarkıyı bulup kullanıcıya öneriyor. Kullanıcılar, artık şarkının tamamını yeniden dinleyebiliyor, şarkıyı kimin söylediğini, ne zaman bestelendiği, türü vb. birçok bilgiye bu program sayesinde kısa sürede sahip oluyorlar.”¹⁰¹

Shazam kullanıcıları, günde ortalama 15 milyon şarkıyı aratıyorlar. Üretici firma, programda kayıt altına alınan verileri analiz ederek gelecek yılın gözde (*hit*) şarkıcısı veya şarkılarına dair önceden bir tahminde bulunuyor. Üretici firmanın yaptığı araştırma çok hassas. Çünkü insani eğilimleri ölçtüğünü ve öngördüğünü söylüyor. Bugün halk müziği popüler olabilir fakat gelecek yıl yeni bir şarkıcı, yeni bir pop şarkısı ile piyasaya girebilir, büyük bir popülerlik kazanabilir. Bunu şimdiden öngörmek, kesinlikle alışıldık bir çalışmanın ürünü değildir. Shazam çalışanları, gelecek yıla dair öngöründe bulunurken anket, görüşme, mülakat gibi veri toplama tekniklerine ne yatırım yapmıyorlar; *kesin* yargılar yerine milyonlarca insanın arattığı müzik tınlarını hassas biçimde analiz ederek bir yargıya ulaşıyorlar. Shazam çalışanlarının bu zamana kadar tahmin ettiği şarkıcılardan Action Bronson ve Sam Smith’in, ismi daha önce duyulmamış kişiler olması, öngörülerini daha da ciddiye almak gerektiğini düşündürüyor. Aşağıdaki tablo da shazam uygulamasının 2012’deki en çok tag alan sanatçı listesi yer almaktadır. Bu listenin devamına “<http://www.swpcontent.com/shazam-content/wp-content/uploads/2012/11/Top-Tagged-Songs-and-Artists.pdf>” linkinden ulaşılabilir. Shazam uygulaması ile 2012’de en çok aranan dinlenen sanatçı ve şarkıların tam listesine bakabilirsiniz.

¹⁰¹ Dalgaldere, S. (2013). Shazam Geleceğin Starlarını Nasıl Tahmin Ediyor, *Cihan Medya Dergisi*, s.17. ss.74.

Tablo 3: 2012’de En Çok Aranan Sanatçı ve Şarkıların Listesi

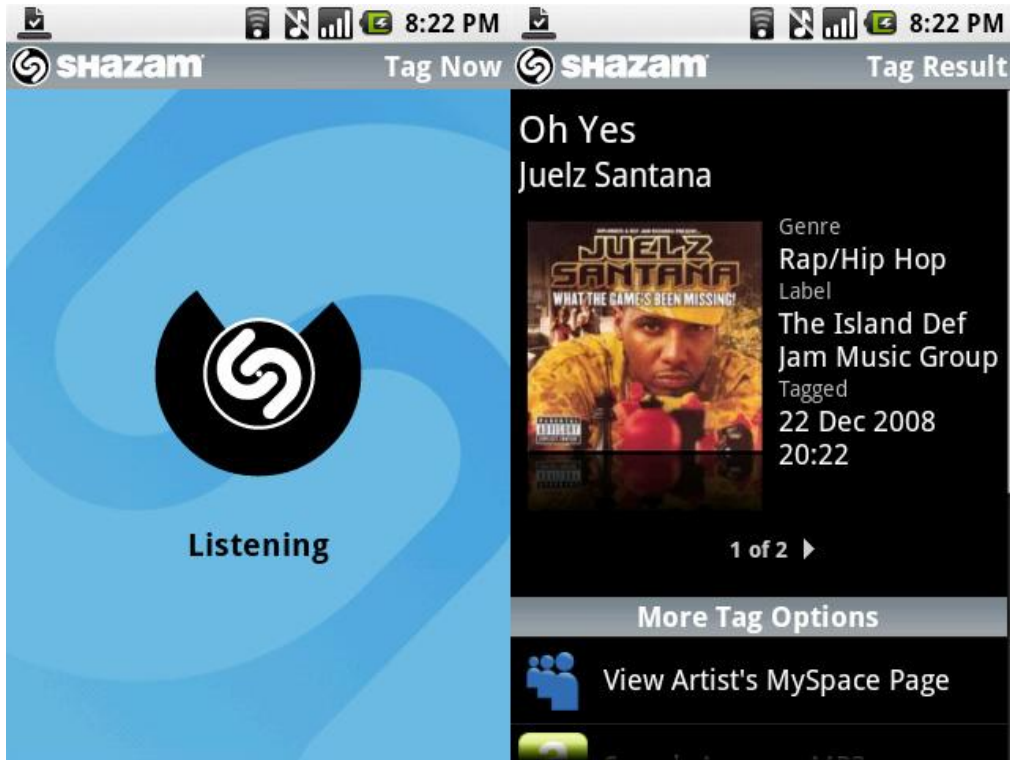
Artist	Title	Tags
Gotye Feat.Kimbra	Somebody That I Used To Know	14,977,720
Fun.Feat. Janelle Monae	We Are Young	8,107,289
David Guetta Feat.Sia	Titanium	5,793,482
Carly Rae Jepsen	Call Me Maybe	5,650,287
Flo Rida	Good Feeling	5,091,289
Rihanna Feat. Calvin Harris	We Found Love	4,908,430
Alex Clare	Too Close	4,885,062
Train	Drive By	4,332,602
Flo Rida Feat. Sia	Wild Ones	4,166,430
Ellie Goulding	Lights	4,106,823

Kaynak:<http://www.swpcontent.com/shazam-content/wp-content/uploads/2012/11/Top-Tagged-Songs-and-Artists.pdf>”

Bu müzik sitesinin (<http://www.shazam.com/>), “2012 Yılında İzlenmesi Gereken Sanatçılar Listesi’nde yer alan Lana del Ray, gerçekten de o yıl büyük popülerlik kazandı.

Benzer şekilde French Montana da 2013 listesinde yer almıştı ve o da çok önemli başarılar elde etti. Tahmin ve öngörü sistemi, aşağı yukarı şöyle çalışıyor:

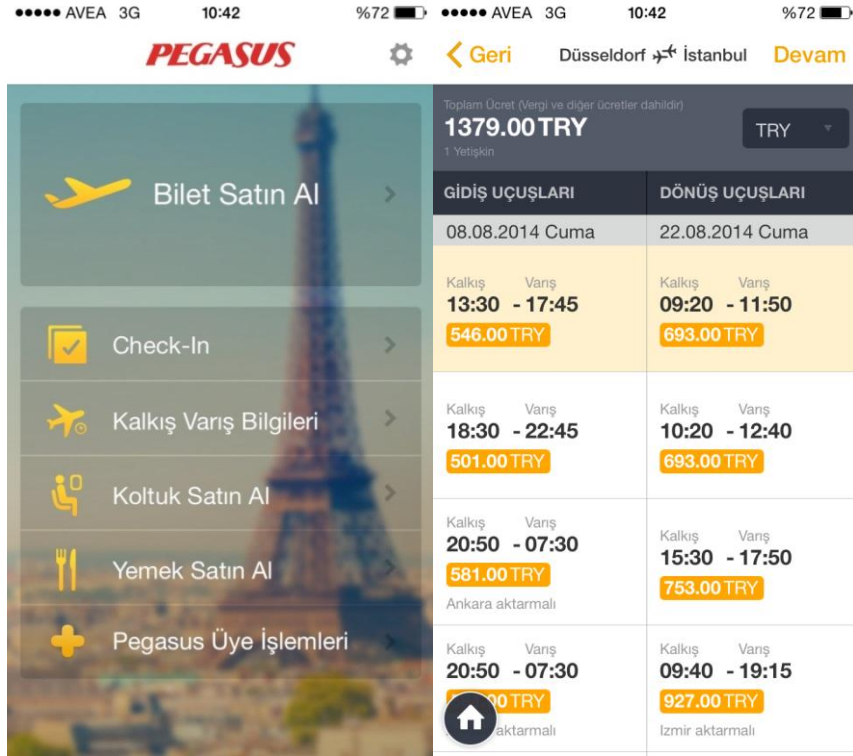
Shazam, sistemi kullanarak sanatçıların arama sayılarıyla, hangi sanatçıların daha fazla ilgi çekeceğini buluyor. Böylece yeni sanatçıları değerlendirirken, sadece eleştirmenlerin sanatçılar hakkında yaptıkları olumlu-olumsuz değerlendirmeleri baz almadan, müşteri-kullanıcı davranışlarını değerlendirerek dinleyicilerin ilgilerini tahmin edebileceğini gösteriyor. Görüldüğü gibi sistem bulanık mantık kullanarak sadece tek bir veri kullanmıyor aynı zamanda birçok veri arasından hassas çözümler yapıyor. En iyi, iyiye yakın gibi tahminlerde bulunuyor. Aşağıdaki Fotoğraf 6'da Shazam uygulamasının ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 7: Shazam Uygulamasının Android Telefonlardaki Ekran Görüntüsü

iPhone'un kendi uygulamaları dışında özel şirketler tarafından iOS tabanlı cep telefonları ve Android tabanlı telefonlar için üretilmiş uygulamalar bulunmaktadır. iPhone için üretilen uygulamalar ücretli veya ücretsiz olarak Apple Store'larda sergilenmektedir. Üretilen tüm uygulamaların birçoğu bulanık mantık sistemini kullanmakta olduğu görülmektedir. Burada bir kaçını açıklamaya çalışacağız. Örneğin, Pegasus şirketinin iOS uygulamasında gerçekleşen faaliyetler bir bulanık mantık alt yapısına dayanmaktadır.

İstediğimiz uçağın tarihini ve saatini kontrol ederken karşımıza çıkan fiyat skalası hassas bir hesaplama yaparak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca Check-In, kalkış varış bilgileri, koltuk satın al, yemek satın al gibi menülerin faaliyetleri gerçekleşirken uygulamanın tüm işlevleri bulanık mantık alt yapısı ile oluşmaktadır. Uçak bilet fiyatlarının arz-talep eğrisine göre her saniye hesaplanması bir bulanık mantık sistemidir. Fiyatlardaki düşüş veya artışın biletlere olan talebe göre ayarlanması bir bulanık mantık örneğidir. Bunu bazı karşılaştırmalar ile temellendirelim. Tezimizin içerisinde de verdiğimiz örneklerde olduğu gibi İngiltere’de ilk olarak faaliyete geçtiği iddia edilen Trafik lambaları ve yaya geçiş sisteminde olduğu gibi kırmızı ışık yandığı zaman kırmızı ışıkta bekleyen araç sayısı ile yaya olarak karşıdan karşıya bekleyen insan sayısı arasında bir hesaplama yaparak ona göre ışıkların yanma süresini belirleyen sistem yine bir bulanık mantık temelli bir sistemdir. Aynı zaman da bu sistem karşıdan karşıya geçen insan sayısına göre araçlar için kırmızı ışığın süresini uzatıp kısaltmaktadır. Bulanık mantık şebekeleri ile temellenmiş sistemlerin örneklerini çoğaltmak mümkündür. Pegasus’un telefon ve tablet bilgisayar uygulamalarında olduğu gibi Türk Hava Yolları (THY)’nin akıllı cep telefonu ve tablet uygulamalarında da bu mantık şebekesine rastlanmaktadır. Aşağıdaki fotoğraf 7’de Pegasus uygulamasının arayüz görüntüsünü görebilirsiniz.



Şekil 8: iPhone Pegasus Uygulaması Arayüz Görüntü

Bulanık mantığı tezimizin ilk konusundan itibaren anlatmaktayız. Nasıl keşfedildiği, nasıl kullanılmaya başlandığı, nelere sebep olduğu konusunda birçok konu başlığında faydalarını dile getirdik. Peki bulanık mantık gelecekte nerede olacak? Elbette bu soruya net cevap vermek çok zor. Sadece bazı tahminlerimiz olabilir. Öncelikle bulanık mantığı ülkemizde bazı öğretim üyeleri tarafından sahiplenildiğini söyleyebiliriz. Bunların başında İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Öğretim Üyesi Profesör Zekai Şen gelmektedir. Dr. Şevki Işıklı 'da bulanık mantık ile ilgili ilk Türkçe makale çevirilerini gerçekleştirmiş ve öğrencilerini bu konuda teşvik etmiştir. Şen ve öğrencileri ise 2000 yılında Bulanık Mantık Ve Teknolojileri Kulübü (BUMAT) kurarak bu alanda birçok faaliyet göstermeye başladılar. Kulüp üyeleri bulanık mantığı anlatan birçok sempozyum ve konferans düzenlemiştir. Ülkemizin öğretim üyelerine ve alanında uzman kişilerine bu konuda seminerler verilmiş. Öte yandan Türkiye'nin dev teknoloji firmalarının yetkilileri ile görüşülerek onlara bulanık mantığın önemi ve yeri anlatılmış. BUMAT üyeleri gittikleri birçok dev teknoloji firmasında akıllı cihazların ana mantığında bulunan bulanık mantığın olduğu anlatmış. Görülmüş ki Türkiye'de birçok teknoloji firması bulanık mantığın ne olduğunu bilmeden hareket etmekte ve tüm teknolojinin bir akıllı cipten ibaret olduğunu bilmekte. Akıllı cihazların asıl alt yapısında bulunan mantığın ne olduğu çözümlenirse daha iyi teknolojilerin ortaya

ıkarılabileceği firmanın mühendislerine ve yetkililerine anlatılmış. Bulanık mantık gelecekte eğer gerçek anlamı anlaşılır ve sibernetik ile yapay zeka teknolojileri entegre edilirse çok farklı alanda uygulamalar ortaya çıkabilir. Bulanık mantık ve sibernetik alanlarında dünya üzerinde batılı ülkeler başta olmak üzere birçok ülkenin üniversitelerinde ders olarak okutulmakta. şayet bulanık mantığın önemini hangi ülke daha hızlı anlar ve çalışmalar gerçekleştirirse o ülke teknoloji savaşlarında en ileride olabilir.

SONUÇ

Bu tez çalışması, 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından, “akıllı teknoloji mantığı” olarak geliştirilen “Bulanık Mantık Kuramı’nın güncel teknolojiyle ilişkisini göstermeyi, onun Apple-iPhone cihazı özelinde, akıllı iletişim teknolojilerinde kullanılma biçimlerini açıklamayı amaçlamaktadır.

Tezin ilk bölümünde bulanık mantık tanımı yapılarak bulanık mantık sistemlerinin gelişimi ve çalışma disiplini irdelenmiştir. Ayrıca bir mantık türü olan bulanık mantık kavramı incelenmiştir. “Aristoteles mantığı” olarak adlandırılan iki değerli klasik mantık ile “teknoloji mantığı” olarak adlandırılan çok değerli bulanık mantığın arasındaki farklar ortaya konulmuştur. Klasik usamlama (akıl yürütme) ile bulanık usamlama türleri ele alınmış ve karşılaştırması yapılmış; mantık açısından bulanık mantığın sorunlarına değinilmiştir.

Klasik usamlama türlerine bakıldığı zaman Tümdengelim (dedüksiyon), Tümevarım (indüksiyon), Analoji (benzeşim) kavramları karşımıza çıkar. Tümdengelim akıl yürütme, öncüllerinin doğru kabul edilmesi halinde sonucun bu öncüllerden zorunlu olarak çıktığı geçerli tek akıl yürütmedir. Tümevarım yöntemi ise Tekil ve tikelden tümeli, özelden geneli çıkaran usamlama yöntemidir. Analoji yöntemi her iki yöntem olan tümdengelim ve tümevarım yöntemlerini kapsayan bir yöntem türüdür. Klasik akıl yürütme türlerinin ardından, tezimizin ana omurgasını oluşturan bulanık işlem sürecine göz attığımızda karşımıza şu süreçler çıkmaktadır.

- i. *Bulanıklaştırma (- fuzzification)*
- ii. *Davranış Tanımlama (- defining)*
- iii. *Netleştirme veya bulanıklığın giderilmesi (- defuzzification)*

Bilindiği gibi denetim işlemlerinin birçoğu dilsel niceleyiciler ile yapılmaktadır. Bulanık mantık matematiksel modele ihtiyaç duymadığından, matematiksel modeli iyi tanımlanamamış, zamana göre değişen (*variant*) ve doğrusal olmayan (*non-lineer*) sistemler bulanık mantığın en başarılı uygulama alanları olmuştur. Zamana göre değişen ve doğrusal olmayan sistemlerden kasıt, olasılıkları çok fazla sayıda olan ve belirli kurallara ve düzene sahip olmadan hareket eden anlamına gelmektedir. Eğer bir sistemin olasılıkları ve değişkenleri sabit ve değişmiyorsa klasik mantık ile daha başarılı stratejiler kurulabilir. Fakat

eğer bir sistem önceden bilinmeyen bazı olasılıklar içeriyor ve bu olasılıkları çok fazla sayıda ise bulanık mantık denetleme sistemleri her zaman daha avantajlı olacaktır

Tezin ikinci bölümde bulanık mantık ve akıllı sistemler ele alınarak bulanık mantık kuramının bilinen ilk uygulamaları anlatılmıştır. Öte yandan bulanık mantık ve teknoloji bir bağlam olarak ele alınmış ve bulanık mantığın uzman sistemlere etkisi örnekler ile açıklanmıştır. Modern bir düşünme paradigması olarak bulanık mantığın fen bilimlerinin yanında sosyal bilimlerde de etkisi olmuştur. Askeriye, motorlu araç teknolojisi, elektronik teknoloji, tıp ve bilgisayarlarda bulanık mantığın uzman sistemler olarak bu alanlardaki bulanık uygulamaları tartışılmıştır. Bilgisayar sistemlerini “akıllı” hale getiren bulanık mantığın, yapay zekâ çalışmalarına katkısı ve sibernetik cihazlardaki uygulamaları örneklendirilmiştir.

İkinci bölümün son kısmında ise dünyanın her yerinde artık yaygın olarak kullanılan bulanık mantığın Türkiye’deki yeri ve önemi ele alınmıştır. Bulanık mantık, Doğu ve Batı toplumlarında farklı biçimde anlamlandığı görülmüştür. Zadeh ve diğer bazı bilim insanlarının, bulanık mantığın, Doğu toplumlarının düşünme biçimini daha iyi yansıttığı, daha iyi tasvir ettiği iddiaları incelenmiştir. Bu amaçla Türkiye’de bulanık mantık üzerine eserler ortaya koyan, bulanık mantığın tanınmasına ve yaygınlaştırılmasına katkı sunan bilim insanlarının çalışmalarına, özellikle Zekai Şen’in görüş ve eserlerine yer verilmiştir. Şen’in “*İhtimal hesabı prensipleri*” isimli olasılık hesaplarının ve prensiplerinin anlatıldığı eserinden yararlanılmış ve yine Şen’in yazdığı bulanık mantık ve modelleme ilkeleri isimli kitabından yararlanılmıştır. Sayın Şen’le bulanık mantığın günümüz bilim ve teknolojisine etkileri, bir paradigma olarak sosyal bilimlere tatbiki üzerine mülakat yapılmıştır. Şen’e göre bulanık mantık, uçların mantığı hiçbir zaman olmamıştır. Bulanık mantık diyalog ve hoşgörünün mantığıdır. Ayrıca akıllı ibaresi taşıyan her şeyde bulanık mantığın kesinlikle bulunduğu iddia eden Şen, “*Akıllı kelimesini duyduğun her şeyde bulanık mantık vardır. Örnek bankada memur imza attırıyor. Daha sonra yeniden attırıyor. İnsan bir kere attığı imzayı yeniden atabilir mi ? Hayır. İşte insan aynı imzayı iki kere atamaz. Aristo mantığına göre imza atılırsa kimse bankadan para çekemez. Çünkü ruh halin değiştikçe imza sitilin değişir.*” İfadelerini kullanıyor. Ayrıca Şevki Işıklı’nın bulanık mantık ve bulanık teknolojilerle ilgili eserleri incelendi. Özellikle “*Lotfi A. Zadeh’nin Hayat Hikâyesi ve Bulanık Paradigmanın Üç Temel Unsuru*” isimli makalesinden yararlanılmıştır. “*Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler*” isimli makalesinde anlattığı bulanık teknolojiler bölümünden yararlanılarak alıntılar gerçekleştirilmiştir. Möhbeddin Semed’den, Zadeh’nin yaşam hikâyesini ve bulanık mantığı

Zadeh’yi kendi kelimeleriyle anlatan, bir biyografi eseri olma niteliğine sahip olan “*Dünya Dâhilersiz Yaşayamaz*” adlı eserinden yararlanılmıştır.

Tezimizin üçüncü bölümünde ise bulanık mantığın akıllı telefon uygulamalarında ki kullanım alanları ve özellikleri incelenmiştir. İletişim araçlarındaki bulanık mantık uygulamaların örnekleri incelenerek uygulamaların nasıl bir yol izleyerek bulanık sonuçlar üretebildiği ve böyle bir yönteme neden başvurulduğu anlatılmaya çalışılmıştır.

Özellikle üçüncü bölümün son kısımlarında bulanık mantığın kullanım alanlarından biri olan, “*İletişim araçlarında kullanılan bulanık mantık uygulamaları: iPhone örneği*” ele alınmıştır. Konu başlığımız altında ise iletişim araçlarındaki yöndeşlik kuramı, dilbilimsel değişkenler kuramı ve bulanık mantığın, özellikle iOS tabanlı işletim sistemlerinde kullanılan uygulamaların bulanıklığı ve işlevleri incelenmiştir.

Azeri asıllı bilim adamı Lotfi Alaskerzadeh’nin 1965 yılında sistemli bir şekilde ele alıp açıklamasıyla “bulanık mantık” kavramı bilim dünyasında yerini almıştır. Bulanık mantık, klasik mantığın, “tamamen doğru” ile “tamamen yanlış” biçimindeki iki doğruluk değeri arasında yer alan “kısmen doğru” ve “kısmen yanlış” kavramlarını da kapsayacak şekilde genişletilmesi sonucunda elde edilen bir üst kümeyi oluşturmaktadır. Zadeh’nin çalışmalarıyla büyük bir etki oluşturan “bulanık mantık” kuramı 1965 yılından itibaren firmaların gözde kuramı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüze kadar birçok dev teknoloji firmasının ana mantığını oluşturan kuram akıllı ibaresi taşıyan birçok ürünün iskeletini oluşturmaktadır. Siberetik ve yapay zekâ teknolojileri ile birleşerek gücüne güç katan bulanık mantık günümüzde neredeyse kullandığımız her cihazın içerisinde bulunan bir mantık sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Tezimizin içerisinde örnek verdiğimiz ürünleri (Elektrikli ev aletleri, uçak simülasyon sistemleri, trafik lambaları, iletişim araçları, uzman sistemler) detaylı bir şekilde incelediğimiz zaman neredeyse tamamına yakınında bulanık mantık sistemi üzerine kurulu teknolojiler görülmektedir. Bu çalışma içerisinde genel anlamda bulanıklık kavramına değinmekle beraber klasik mantığın kurallarına ve modern mantığın yapısından söz edilmektedir. Çalışmanın asıl fikir kaynağı bulanık mantığın hayatımızın her noktasında yer aldığını göstermek, bulanık mantık kullanılarak neler yapılabileceğini ifade etmektir. Bulanık mantıkla geliştirilen araçların daha iyi anlaşılması ve işleyiş sistemlerinin ortaya konulması için günümüzde en yaygın olarak kullanılan iOS tabanlı ve Android tabanlı cep telefonlarının kendi işletim sistemleri dahil olmak üzere kullandığı tüm uygulamaların içindeki bulanık

mantığı okuyanlara göstererek aslında bulanık mantık sistemi ile neler başarılabilceğini ispatlamaya çalışılmıştır.

iOS tabanlı işletim sistemlerini çalışmamız içerisinde yer verdik. Bilindiği gibi Apple firmasının üretmiş olduğu iPhone serisi telefonlar iOS tabanlı işletim sistemleri ile çalışmaktadır. Bu işletim sistemi Steve Wozniak ve Steve Jobs tarafından tasarlanmış ve matematiksel içeriği oluşturulmuştur. Bu işletim sistemlerinin çalışma mantığı ve içeriğinde bulanık mantık sistemine dayalı birçok ibare tespit edilmiştir. Örneğin iPhone telefonlarının kendi sistemi içerisinde yer alan görüntü ve fotoğraf çekme özelliği tam bir bulanık mantık örneği olduğunu söyleyebiliriz. Enstantane ve diyafram ayarlarını otomatik olarak hesaplaması ve netlemesini istediğimiz yeri parmak ucumuzla dokunmamız ve dokunan noktanın netliğe kavuşması bulanık mantık sistemini göstermektedir. Günümüz teknolojisinde iletişim çok gelişmiş durumdadır. Tek bir akıllı cihaz üzerinden birçok iletişim faaliyeti gerçekleştirilebilmektedir. Ios tabanlı işletim sistemleri üzerine kurulmuş olan Apple Store’larda ücretli veya ücretsiz birçok uygulama bulunmaktadır. Bu uygulamalar sayesinde iPhone’lar ile sayısız iletişim faaliyeti gerçekleştirilebilmektedir.

Bunların dışında şu konuya da değinilmiştir: Akıllı ibaresinin cep telefonlarında sıfat olarak kullanılmasını sağlayan nedir? Bu soru da çok önemlidir. Akıllı ibaresi günümüz teknoloji ürünlerinde sıkça karşılaştığımız bir sıfat. Peki akıllı ne demek? Akıllı demek insana benzer düşünce sistemi kullanan insan beynine yakın kararlar ve çözümler sunan kimine göre bir çipten ibaret kimine göre elektronik devrelerin tümünü kapsayan bir mucize. Günümüzde akıllı teknolojiler bulanık mantık temelli çalışmakta olduğunu söylemiştik, elbette sadece bundan ibaret değil. Sibernetik teknolojisi, yapay zeka teknolojilerinin gelişmesi ve bulanık mantık sistemlerinin tüm bu teknolojik gelişmeler ile birleşmesi günümüz akıllı cihazlarını oluşturduğu düşünülebilir.

Bütün bunların dışında elbette iOS tabanlı işletim sistemleri üzerinde çalışan uygulamalar bulunmakta. Bu uygulamaların birçoğunda bulanıklığı görmek mümkün. Çalışmamızda verdiğimiz örneklerden biri, “Shazam uygulaması ve bulanıklık” İnsanlar daha aktif bilgi alabilmek için sosyal medyaya kullanıcı profillerini gönderiyor ve şirketlerin bunu kullanmasına izin veriyor. Şirketler de bu verileri yaklaşan eğilimleri tahmin etmek için kullanıyor. Kullanıcılar televizyon seyrederken aynı zamanda akıllı telefonlardan sosyal ağları ve değişik uygulamaları kullanabiliyor. İşte tam bu noktada bulanık mantık barındıran uygulamalar ortaya çıkıyor. Günümüzde birçok programda olduğu gibi Shazam

uygulamasında da bulanık mantık görülebilir. Örneğin dinlerken ismini hatırlayamadığımız çalan şarkıyı bulma yani; müzikten şarkı bulma programı Shazam'ın kullanıcıları, bir günde milyonlarca kez müzik araması yapıyor. Şirket de bu aramalardan elde ettiği bilgileri kullanarak gelecek yılın müzik starlarını tahmin ediyor. Uygulama hassas bir araştırma yaparak insanların gelecek yıl popüler veya star yapabilecekleri müzisyenleri tahmin ediyor. Bunu yaparken de kesin yargılar yerine milyonlarca insanın arattığı müzik tınları arasından çok ince bir araştırma yaparak bir sonuca varmaya çalışıyor. Bu uygulamayı bulanık kümeler kuramı açısından incelersek; sistem şöyle çalışıyor diyebiliriz: Öncelikle uygulamanın içerisine milyarlarca müzik verileri yükleniyor ve bu veriler bir küme oluşturuyor. Daha sonra bir yerde duyduğumuz müzik notalarının kime ait olduğunu öğrenmek için uygulamayı açıyoruz. Uygulama çalışmaya başladıktan sonra içinde bulunduğu müzik kümesinden verileri taramaya başlıyor. Bilindiği gibi her bir müziğin notalarının matematiksel bir ifadesi vardır. Sistemde tüm müzik verilerini matematiksel veri olarak bünyesinde hapsediyor. Daha sonra algıladığı müziğin notalarını matematik verilerine döndürerek elinde bulundurduğu matematik verileri içinden aramaya başlıyor. Elbette bu aramayı çok hızlı bir şekilde gerçekleştiriyor. Algıladığı müzik notaları ile elinde bulundurduğu müzik kümesi içinden tararken hassas bir arama yapıyor. Bunun dışında arama yapılan müziklerin içerisinden en çok aranan notaları buluyor ve geleceğin starını tahmin ediyor. İşte bu noktada kullandığı sistem “bulanık mantık kuramı” yani geleceğin starı %97,1 ile a şahsı %2.9 ihtimalle b şahsı olabilir gibi yaklaşık ifadeler üretiyor. Bu denli hassas bir sonuç çıkarabilmesi içinde elbette bulanık mantık kuramından yararlanması gerekiyor.

Bütün bu örneklerimizden de anlaşılacağı üzere bulanık mantık günümüzde kullanılan akıllı telefon uygulamaların ana iskeleti olarak karşımıza çıkıyor. Bu çalışmada bulanık mantığın günümüz teknolojisinin ana omurgalarını oluşturduğunu ifade ederken aynı zaman günümüz teknolojisi için ne kadar önemli bir yerde durduğunu inceledik. İletişim araçlarının kendi işletim sistemleri dahil olmak üzere birçok alanında yer aldığı ifade edilmiştir. Bu çalışmanın üzerine bulanık mantık sistemi kullanılarak daha iyi insan düşünce biçimine yakın süreçler işleyebilen makineler üretilebilir mi sorusuna yanıt aranabilir. Bulanık mantık gerçek anlamda önemi anlatılır ve yaygınlaşırsa teknolojinin birçok alanında kullanılabilirliği araştırılabilir. Bu ve buna benzer sorulara yanıtlar aranabilir. Özellikle Türkiye’de akıllı teknolojinin sadece bir çipten ibaret gören bazı teknoloji firması yetkililerine bu akıllı çiplerin ana temasında bulanık mantığın yattığını göstermek için faaliyetler üretilebilir. Belki bilim insanları bu çalışmanın üzerine yapay zekâ, sibernetik gibi bilimler kadar bulanık mantık

kuramı ve içeriği hakkında daha fazla zaman harcayabilir. Eğer bilim insanlarına ve toplumun her bireyine bir şeyin sadece tek bir şeyden meydana gelmediği tam anlamıyla öğretilbilirse; insan ilişkilerinden, teknolojinin uç noktasına kadar dünya üzerinde olumlu gelişmeler sağlanabilir. Özellikle “*Bulanık Mantık*” kuramının uygulamaları alanında yapılan çalışmalar bu sistemin daha kolay anlaşılmasını ve faydalarının anlatılması açısından yarar sağlayabilir. Siberetik, bilindiği üzere canlı ve cansız organizmaların en iyi şekilde yönetilmesini ifade eden bir bilim alanı, bu bilim alanı bulanık mantık sayesinde daha da gelişme sağlayarak sınırlarını aşmaya başladığı görülmüştür. Yapay zeka teknolojileri bulanık mantığı daha çok ön plana çıkararak kendisini insani düşünce biçimine daha yakın hale getirmeyi başardığı görülebilir. Ayrıca uzman sistemler, özellikle öğrenebilen uzman sistemler günümüzde bulanık mantık sayesinde ilerlemesini hızlandırmış ve farklı birçok mesleki alanda gelişme kaydetmiştir. İşte bu saydığımız bilim ve teknoloji alanları bulanık mantığın daha çok ilgi görmesi ile kendilerini aşmış duruma gelmeye başlamıştır. Eğer durum böyleyse bulanık mantık birçok alanda kullanılıyor ve birçok bilim alanına gelişme kaydettiriyorsa bulanık mantığın daha çok yaygınlaştırılması ve öğretilmesi düşüncesi daha çok ilgi görmelidir. Elektronik uzmanları, beyin hücreleri nöronlara benzer çalışan düzenekler yapma hedeflerine 1990 yılında L.Zadeh’nin “*Soft Computing*” kuramını geliştirmesiyle bir adım daha yaklaştılar. Şevki Işıklı’nın “*Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler*” makalesinden aldığımız bilgilere göre, soft computing teriminden anlaşılması gereken “*kendi kendini tekrar kurabilen hesaplama işlemidir.*” Zadeh’nin son kuramı olan “*Soft Computing*” kuramı bilim insanlarına insani düşünmenin modellenmesi konusunda katkı sağlamıştır. Ayrıca öngörü ve simülasyon gibi çalışmaların daha hassas ve insani düşünme biçimine daha yakın sistemler üretilmesinde kuşkusuz bulanık mantığın yeri tartışılmaz bir yerde bulunmaktadır. Hava Harp Okullarında pilotluk eğitimi alan asker öğrencilere simülasyon üzerinden verilen eğitimlerde bulanık mantığın katkısı büyük ölçüde bulunmaktadır. Bulanık mantık çalışmaları konusunda akademik camia ve mühendislik alanında çalışmalar gerçekleştiren bireyler L.Zadeh’nin “*Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler*” kuramı üzerine çalışmalarını yoğunlaştırması yaşamın her alanında yeni buluşlara imza atılmasını sağlayabilir.

ÖZGEÇMİŞ

İstanbul Fatih ilçesinde 1987 yılında doğan Serhat Dalgaldere ilk ve ortaöğretimini İstanbul'un Bahçelievler Kocasınan Lisesi'nde tamamladı. 2010 yılında Kocaeli Üniversitesi İletişim Fakültesi'nden mezun olan Serhat Dalgaldere 2008 – 2010 yılları arasında Aktüeldeniz Haber Ajansı'nda denizcilik alanında birçok habere imza attı. Önemli bürokratlarla özel röportajlar gerçekleştiren Serhat Dalgaldere'nin en çok ses getiren röportajı dönemin Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanı Binalı Yıldırım'la yaptığı söyleşisi oldu. Daha sonra TRT'nin belgesel film festivali için yazar Sinan Yağmur'un katkılarıyla "Tebrizli Şems" isimli belgesel filmin senaristliğini ve yönetmenliğini yaptı. 2012 yılı itibari ile Marmara Üniversitesi Gazetecilik Ana Bilim Dalı Bilişim Dalı yüksek lisans eğitimine başladı. 2013 yılı itibari ile ise Marmara Üniversitesi İletişim Fakültesine bağlı medya okulunda "Dijital Fotoğrafçılık ve dijital dünya" adlı eğitimi verdi. 2013 ve 2014 eğitim yıllarında Kırıkkale Üniversitesi Meslek Yüksekokulunda "Görsel Tasarım, Temel Tasarım, Kısa Film Yapımı" dersleri vererek öğrencilere yararlı olmaya çalıştı. Halen muhabirlik yapmakta ve Kırıkkale Üniversitesi'nde Öğretim elemanı olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

KAYNAKÇA

- Alan, A. Y. (2003).** Nispi mantık, Germany: İnternational Seminar Group, Ludwigshaven.
- Akman, T. (2003).** Siberetik Dünü, Bugünü, Yarını, İstanbul: Kaktüs Yayınevi.
- Beyan, T. Baykal, N. (2004).** Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler, Ankara: Bıçaklar Kitapevi.
- Beyan, T. Baykal, N. (2004).** Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Ankara: Bıçaklar Kitapevi.
- Çoşkun, M.K. (2004).** Mantık 1-2, Ankara: MEB Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Çengel, Y.A, Boles, M.A. (1996).** Mühendislik Yaklaşımı ve Termodinamik. (Çev.T.Derbentli). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Ceylan, R. (2010 Ocak - Haziran).** Yakınsama hipotezi: teorik tartışmalar, Sosyo-Ekonomi Dergisi. s.1.
- Dalgaldere, H. A. (2013).** Dr. House ve Yaratıcı Sezgi, İ.Ü. ENF Dergisi, Sayı:5.
- Dalgaldere, S. Durusoy, H. (2013).** Shazam Geleceğin Starlarını Nasıl Tahmin Ediyor, Cihan Medya Dergisi,
- Doganay, S. (2014).** Hummingbird: Yeni Google Arama Motoru Algoritması.
- Elmas, Ç. (2011).** Yapay Zeka Uygulamaları, Ankara: Seçkin Yayınları.
- Eflatun, (1946).** gorgias, (Çeviren Erban. R), Ankara: Milli Eğ. Bak.Yayınları.
- Işıklı, Ş. (2010).** Lotfi. A. Zadeh'nin hayat Hikayesi ve bulanık paradigmanın üç temel unsuru. Kutadgubilig Araştırma Dergisi, Sayı: 17. ss.9.

- Işık, Ş. (2009).** Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler, Araştırma Dergisi. 17, ss. 101-120, s.1.
- İbrahim, A. (2006).** Fuzzy Logic for Embedded Systems Applications, İstanbul: Bileşim Yayınları.
- Klir, George J. (1995).** Application of Fuzzy Logic.
- Kosko, B. (1993).** The New Science of Fuzzy logic, USA: Hyperion Publishers.
- Moles, A. (1993).** Belirsizin Bilimleri, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları. s.15.
- Marfeld, A.F. (1973).** Kybernetik Des Gehirns, Hamburg. s.276.
- Öztemel, E. (2003).** Yapay Sinir Ağları, İstanbul: Papatya Yayınları. s.18.
- Özlem, D. (1999).** Mantık (Klasik/Sembolik Mantık, Mantık Felsefesi), Ankara: İnkilap Yayınları.
- Rodvic, D. (1975).** As Man Mecomies Machine, Sphere Books. London.
- Rassekh, F. (1998).** The Convergence Hypothesis: History, Theory and Evidence, Open Economies Review,
- Semed, M. (2000).** Dünya Dahilersiz Yaşayamaz. Çeviren Işık, Ş, Kurbanov. O, Ankara :Emre Yayınevi.
- Şen, Z. (2002a).** İhtimaller Hesabı Prensipleri, İstanbul: Bilge Kültür Sanat yayınları.
- Şen, Z. (2002b).** Modern Mantık, İstanbul: Bilge Kültür Sanat yayınları. s.163.
- Tür, R, vd. (2014).** Antalya’da faaliyet gösteren inşaat firmalarına yönelik ekonomik durum analizi: Bulanık mantık yaklaşımı, <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr>, [Erişim Tarihi: 24.02.2014].
- Winterstein, H. (1957).** Fizyoloji, İstanbul. s.406.
- Zimmerhann, H. J. (1987).** Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems,

Boston: Kluwer Academic

İNTERNET KAYNAKÇA

Blodget, H. <http://www.businessinsider.com/us-smartphone-market-2012-9>,

[Erişim Tarihi: 08.09.2014].

Klasik kümelerden bulanık kümelere: Büyük paradigma değişikliği.

(<http://www.elektrotekno.com/about858.html>),

[Erişim tarihi: 01.08.2014].

(<http://www.samsung.com/tr/article/what-makes-smart-phones-smart>),

[Erişim Tarihi: 08.09.2014].

Yıldırım,Ö.

(http://www.felsefe.gen.tr/mantik/cikarimlarda_gecerlilik_nedir_cikarimin_gecerliliği_nasil_denetlenir.asp),

[Erişim Tarihi: 04.10.2014].

<https://itunes.apple.com/tr/app/google-search/id284815942?l=tr>,

[Erişim tarihi: 11.09.2014].

Klasik kümelerden bulanık kümelere: Büyük paradigma değişikliği.

(<http://www.elektrotekno.com/about858.html>)

[Erişim tarihi: 01.08.2014].

Mantığın ana ilkeleri ve bu ilkelerin varlıkla olan ilişkileri.

(<http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/37/1701/18191.pdf>)

[Erişim tarihi: 27.06.2014].

Haslam, K. (January 12, 2007). ["Macworld Expo: Optimised OS X sits on](#)

versatile “flash”, Erişim Tarihi: [09.09.2014].

