

**T.C.  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# **FUZZY LOJİK TERMOSTAT**

**ÖMER ŞABAN KAMBER  
İSTANBUL 2004**

## ➤ FUZZY LOJİK TERMOSTAT

### ➤ A / C KONTROL

### ➤ FONKSİYONEL ANALİZ

### ➤ AKILLI TERMOSTATLAR

### ➤ FUZZY-KONTROL TASARIMI

### ➤ KONTROL STRATEJİSİ

### ➤ MICROİŞLEMCİ SEÇİMİ

### ➤ SİMÜLASYON NETİCELERİ

### ➤ YÜKSELEN MIQ

# FUZZY LOJİK TERMOSTAT

Mikroişlemcilerin sürekli artan performansları sayesinde elektronik komponentler elektromekanik parçaların yerini almaktadır. Bu sadece bir ikame işlemi ile sınırlı kalmayıp, elemana daha ilave özellikler ve fonksiyonlar verilmektedir.

Bu görevin başarıldığı komponente örnek olarak bir A/C imalatçısı için Microchip Technology & Inform Software firması tarafından geliştirilen fuzzy lojik termostat verilebilir. Düşük maliyetli microişlemci ve radikal olarak verimliliği artırılmış bir fuzzy lojik yeni nesil termostat olarak tasarımlanmıştır. Dünyada üretilen enerjinin büyük bir bölümü evlerde, işyerlerinde ve büyük gökdelenlerde ısıtma ve soğutmaya harcanmaktadır.

Termostatdaki bu iyileştirmenin ve verimlilik artışının sağlayacağı toplam enerji tasarrufu oldukça büyüktür.

# FUZZY LOJİK TERMOSTAT

Bu tasarruf aynı zamanda inşa halinde iken izolasyonla da sağlanır. Biz burada fuzzy lojik uygulamasına odaklanacağız.

Fuzzy lojik size günlük hayatta bir kontrol stratejisi kurmanızı sağlar. Fakat burada bireysel uygulananlara adapte edilmiş dizaynları kullanacağız. Bu ise bize konfor, kolay kullanım ve enerji tasarrufu getirecektir.

Klasik sinyal algılama işlemini ihtiva eden sistemler ile fuzzy lojik software'li sistemler 8-bit lik endüstriyel micro işlemcilerde birbirlerini tamamlarlar. Bu şekilde fuzzy lojik yapılar, klimalardaki düşük maliyetli muhtemel çözümlere kolay ulaştırırlar.

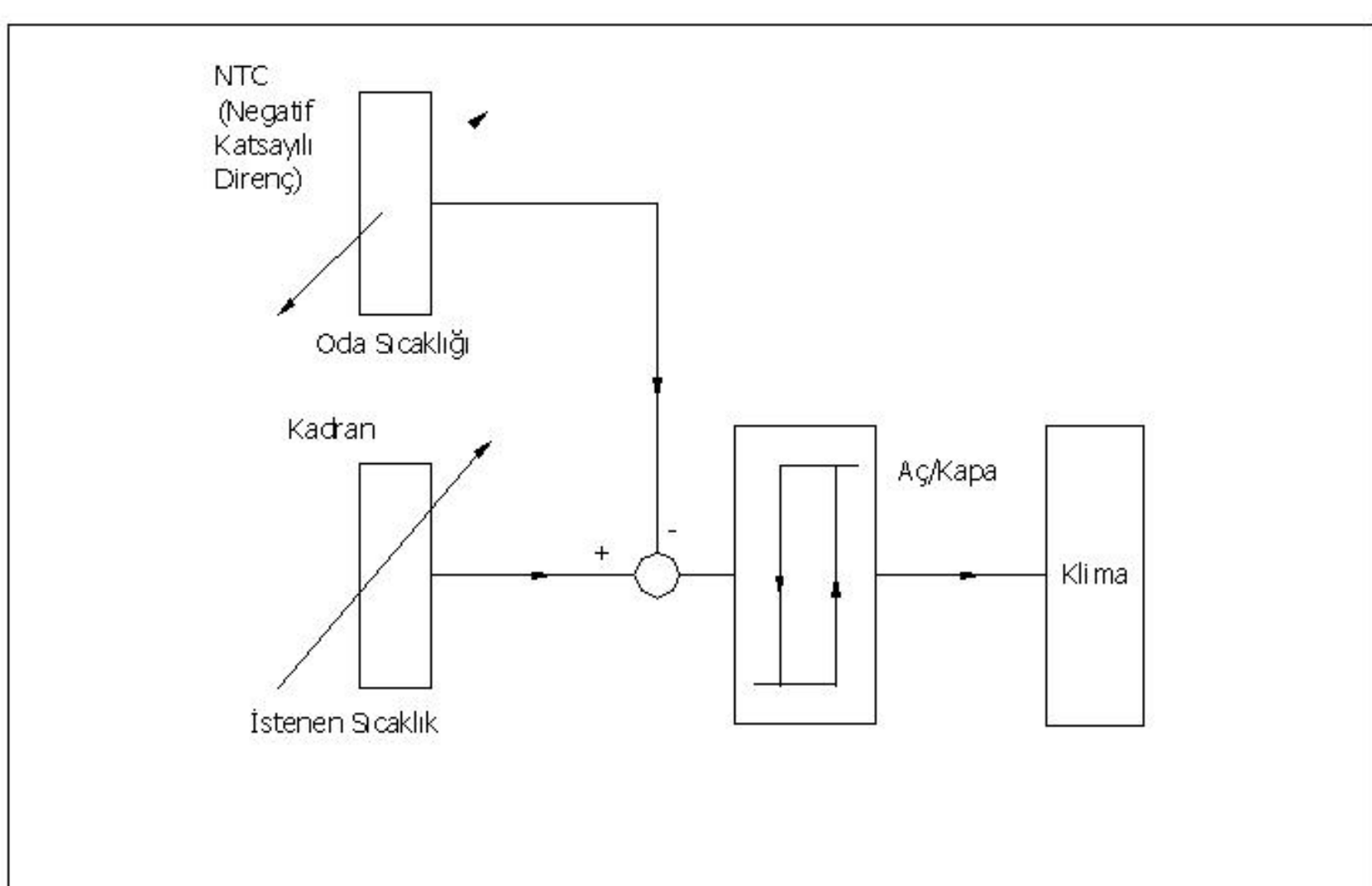
# KLİMA KONTROL SİSTEMLERİ

Oldukça az A/C sistemi hali hazırda fuzzy lojik kullanılmaktadır. İlk kez 1990 da Mitshubushi kendi fuzzy lojik devresini A/C' lerde kullanmaya başladı. Jopanyada oldukça uzun süreden beridir kullanılmaktadır. Şimdilerde Kore, Taiwan ve EU'da A/C'lerde fuzzy lojik kullanmaya başlamışlardır. Fuzzy lojik'i kullanmaya teşvik eden farklı sebepler vardır. Endüstriyel A/C'ler için enerji tüketiminin minimizasyonudur. Sistem mevcut şartlar dahilinde sıcak-soğuk-nem durumu ile ilgili optimize edilerek set edilebilir. Araçlarda multi sensörlerle sıcaklık ölçümlenerek fuzzy lojik ile set edilebilir.

Ev tipi her A/C'ler için de sistem kontrolü oldukça basittir, Sadece ısıtma ve soğutma vardır. Fuzzy lojik bu konuda güçlü bir kontrol olanağı verir

Ev tipi her A/C'nin oda sıcaklığını ölçen ve değerlendirerek bunu ayar eden bir kadranı vardır. Termostat bi metalik olarak kullanılır ve bu set değeri ile mukayese edilir. Bu durumda histeresizler kullanılarak A/C'nin sürekli start sayısını minimize edilir. Şekil 1 bu prensibin Micro işlemci ile kontrol diyagramını ifade eder. Gerçek ayar sıcaklığı ile set derecesi arasındaki fark A/C'yi histeresiz farklarıyla harekete geçirir. Mevcut A/C'ler sürekli bir güç kontrolü sağlayamazlar yani on-off yapamazlar, dizaynları buna uygun değildir.

# KLİMA KONTROL SİSTEMLERİ



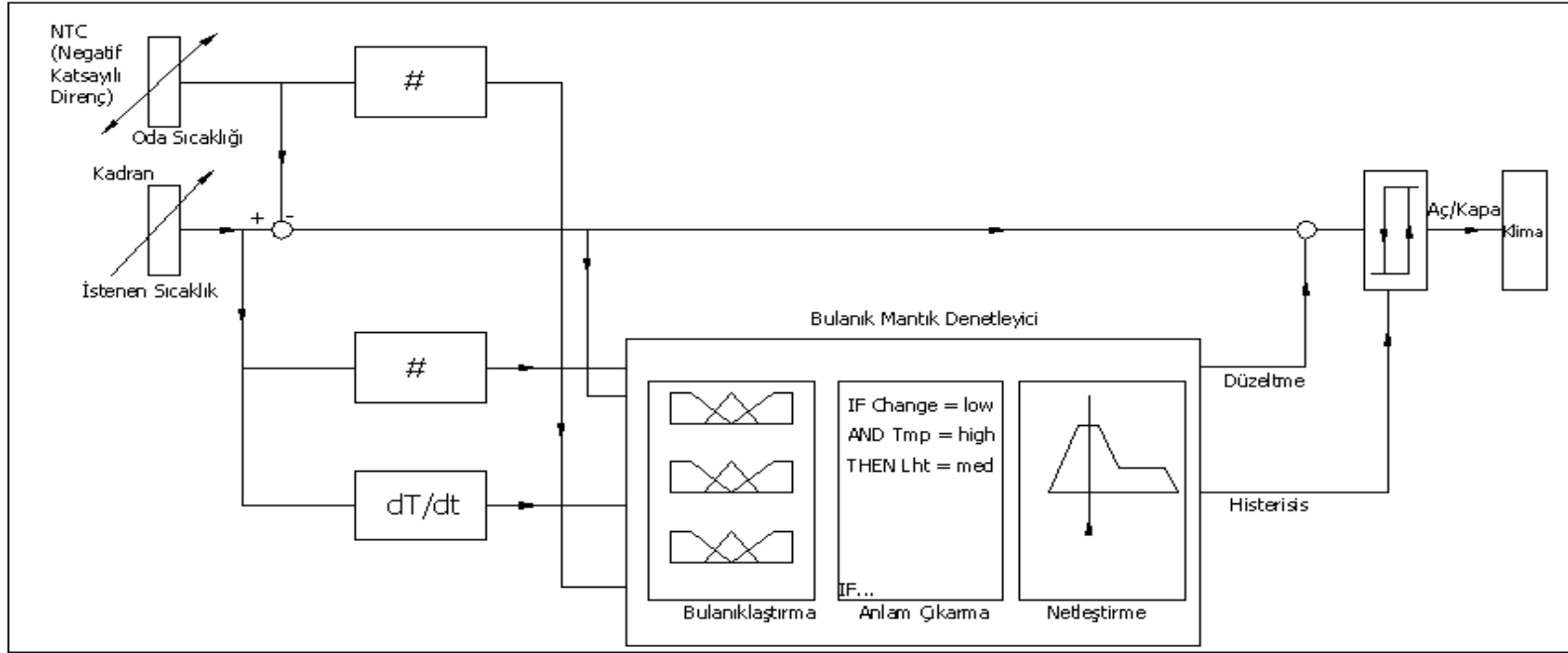
Şekil:1 Klasik bir termostat klimayı açıp kapatmak için oda sıcaklığı ile istenen sıcaklığı karşılaştırır.

# AKILLI TERMOSTATLAR

Besbelli ki değişimi algılayan ve duruma göre devreye giren veya çıkan bir termostat, sürekli on-off işlemi yapabilen klasik termostattan (şekil-1) daha iyidir. Bununla birlikte böyle bir “Akıl” programı microişlemciye konularak monte edilebilir ve bu çok kolaydır. Algoritma ampirik ölçümlere dayanır ve bir çok faktörler ve şartları gerektirir. Dolayısı ile bunun matematik modellemesi oldukça zordur.

şekil-2’de fuzzy lojik akıllı tip termostatın yapısı gösterilmektedir. Yapı temelde şekil-1 ile aynı gibidir. Ancak fuzzy lojik kontrolü 2 noktada araya girer. Bu fuzzy lojik sisteminin çıkışlarından biri set sıcaklığını düzeltir diğeri ise histerisizin girişimini adapte eder. Fuzzy lojik temel değişken girdileri, kadrandan set edilen sıcaklık değeri ile oda sıcaklığı sensöründen alınan verilerdir. Pahalı olmayan LDR sensörler oda içindeki parlaklığı lerler.

# AKILLI TERMOSTATLAR



Şekil 2 : Bulanık mantık denetleyicisi hem istenen sıcaklığı hem de histerisisi odanın kullanımı ve durumuna bağlı olarak ayarlar, ki bu nedenle bulanık mantık mikro denetleyiciler de deneysel bilgilerin gerçekleşmesi için seçilmiştir.



# FUZZY KONTROL TASARIMI

Tasarım, debug , test ve fuzzy lojik'in ifası,fuzzy TECH software'i tarafından desteklenir. Fuzzy lojik kontrolünde 5 değişken girdi kullanır. Algılanan değerlerin hesabı neticesinde ve bunları analiz ederek oda içini şartlandırır. Bu değişkenler:

## 1.Set Sıcaklığı Değişiklik Sayısı (Change Nr) :

Bu girdi, oda sıcaklığını çok hassas şekilde ayarlamak isteyen kullanıcı tarafından girilir. Fuzzy lojik sistemi bu tür kullanıcıları tatmin etmek için histeresiz ayarlarını otomatik olarak çok küçültülür.

## 2.Oda Sıcaklığı ve Set Değeri Arasındaki Fark (Temp Error) :

Set-sıcaklığı ve oda sıcaklığı arasındaki fark büyük olduğu zaman fuzzy lojik sistemi sıcaklık hatasını artırır. (Kural 5) Aynı zamanda histeresiz çok büyük olarak set edilir.Dolayısıyla dalgalanmalar soğutma işlemini kesmezler. Bu strateji istenilen sıcaklık değerine çabuk ulaşılmasını sağlamaktadır. Aşırı yükseltme ve aşırı düşürme yoluyla sıcaklık değişikliği yapılabilir. Bununla birlikte oldukça büyük ısı ölçüm değerleri ortaya çıkar. Mesela, A/C'nin kapalı olduğu ve çok düşük sıcaklığa set edildiği bir odaya girdiğinizde mobilya ve duvarlardaki aşırı ısınmadan dolayı A/C kısa süredemobilyalarında verdiği sıcaklığı yenmeye çalışır.

# FUZZY KONTROL TASARIMI

## 3.Son set-sıcaklık değişimi (dTemp\_by\_dt) :

Son set-sıcaklık değişim genliği g¼cl¼ bir soğuk hava mı yoksa ince ayarlı bir oda sıcaklığı mı istediğimizi g¼sterir. Mesela, fuzzy lojik kontrol¼n¼n 3. kuralı gereği bu değişken veri, ince ayar için kullanılır. ¼nk¼ bu sapmış bir sinyaldir ve 30 dk sonra kaybolur. (Eğer ayar modifiye edilmemiş ise)bu her ¼l¼m¼n en fazla 30 dk içerisinde yapıldığını g¼stermektedir.

## 4.Oda sıcaklığı değişimi > 3 F° 2 saat içinde (Room Fluat) :

Bu değişken veri odanın nasıl ağır şartlar altında kullanıldığını g¼sterir. Oda sıcaklığının 3 F° den yani 1derecenin onda biri kadar değişikliği durumlarda cam açılması, konferans, izleyiciler vb. ortaya çıkar. Ve klima bu t¼r hassas değişimleri kaydederek hemen adaptasyon sağlanır.

## 5.Odanın parlaklığı (Brightress) :

Eğer direkt g¼neř işiği odayı ısıtıyorsa set sıcaklığı otomatik olarak azalır (Kural 2). G¼nd¼z veya oda işıkları açıksa, set değeri biraz y¼kselir (kural 1) ve histeresiz k¼¼ęe set edilir.

# FUZZY KONTROL TASARIMI

**FuzzyTECH Online Edition - AC-0591.FTL**  
 File Edit Debug Analyzer Compile Options Window Help

**Project Editor**  
**Intelligent AC Thermostat**

Input Interfaces: Brightness, ChangeNr, dTmpErr\_dT, RoomFluct, TempError  
 Rule Block: Brightness, ChangeNr, dTmpErr\_dT, RoomFluct, TempError, MIN, Correction, Hysteresis, MAX  
 Output Interfaces: Correction, Hysteresis

**Connection**  
 muchcooler cooler no warmer muchwarmer  
 1.0  
0.8  
0.6  
0.4  
0.2  
0.0  
 -1 0.0 -4.0 0.0 4.0 10.0  
 2.5 Fahrenheit

**Spreadsheet Rule Editor - RB 1**

Matrix	IF					THEN		THEN	
Utilities	Brightness	ChangeNr	dTmpErr_dT	RoomFluct	TempError	DoS	Correction	DoS	Hysteresis
1	bright					<input checked="" type="checkbox"/> 1.00	warmer	<input checked="" type="checkbox"/> 1.00	medium
2	directsun					<input type="checkbox"/> 1.00	cooler		
3			verysmall			<input type="checkbox"/> 1.00	none	<input type="checkbox"/> 1.00	small
4		frequent						<input type="checkbox"/> 1.00	small
5					too_cold	<input type="checkbox"/> 1.00	warmer	<input type="checkbox"/> 1.00	large
6					too_warm	<input type="checkbox"/> 1.00	cooler	<input type="checkbox"/> 1.00	large
7			zero		ok	<input checked="" type="checkbox"/> 1.00	none	<input checked="" type="checkbox"/> 1.00	small

Şekil 3 : Fuzzy TECH yazılımının görünümü

# KONTROL STRATEJİSİ

Şekil-3 Fuzzy Tech tarafından geliştirilen ana pencereyi gösteriyor. Project Editor ise fuzzy lojik girişiminin yapısını gösteriyor.

Fuzzy lojik termostat yapısı doğrusaldır. Tüm değişken girdiler bulanıktır ve bir blok kurala göre beslenir. Fuzzy lojik'in 2 çıktı bloğu ise bulanık değildir.

Düzeltilme penceresi daimi set-fonksiyonunu ve değişken çıktı dilini tanımlar. Gri bölge ise netleşmenin olduğu bölgeyi gösterir. Bazı fuzzy lojik kontrolleri ayrı bir Edit penceresinde görülebilirler. Her sıra bir fuzzy lojik kuralı temsil eder ki, bunlar sistemin ampirik (deneysel) tamamlayıcılarıdır.

IF (eğer) butonun altındaki 5 sol sütün değişken girdiler içindir. Her alan dil değişkenlerinin değerini gösterir. Sağdaki iki sütün ise iki çıktı değişkeni temsil eder. Küçük sütün içindeki 0 ve 1 sayıları kontrolün ince ayar optimizasyondaki göreceli ağırlığı gösterir.

Tüm girdi değişkenler 3 şartlı lineer fonksiyona haizdir. Çıktı değişkenlerin düzeltilmesi 5 şartlı olup alanın merkezinde ve net dir. Histeresizlerin çıktı değişkenleri ise 3 şartlıdır ve net olarak yine alan merkezindedir. Komple bir fuzz lojik stratejisinde 34 kural tanımlanmıştır.

# MİCROİŞLEMCİ SEÇİMİ

Fuzzy Tech, grafik gösterimden program kodları çıkarken komple fuzzy lojik kontroller üretir. Çıktılar, C kaynak kodunda olup, micro işlemci assembly kodu veya PLC blokları fonksiyonlar için portatiftir.

Fuzzy lojik termostatlarının düşük maliyetli olmasından dolayı, seri üretim için PIC16C71 standart 8-bit microişlemci termostat prototipinde kullanılmıştır. Bu microişlemcilerin sadece 1024 word ROM program hafıza ile 36 byte'lik RAM sağlaması, tamamlayıcı nitelikteki kovansiyonel assembly programının kompleksliğini büyük ölçüde sınırlandırır. Fuzzy Tech'in assembly dili ile üretilmiş PIC'i kullanıldığında microişlemci sadece 550 word ROM program hafıza ve geçici RAM belleğe ihtiyaç duyar. Bu düzenleme programı düşük maliyetli düzenleme, dışsal kontrol kodları ile birlikte micro işlemciyi tamamlamaya imkan verir.

# SİMÜLASYON NETİCELERİ

Fuzzy lojik sistemi farklı değişkenler ile farklı binalarda test edilerek kayıtlar tutulmuştur. Test odaları excel'e dökülerek proses edilmiştir. Performans testi için Fuzzy Tech'in Excel asistanı kullanılmıştır. Sayfadaki hücreler doğrudan Fuzzy lojik sisteminin input ve output ları ile irtibatlandırılmıştır. Bağlantı harekete geçtiğinde Fuzzy lojik sistemi taramaya başlar. Fuzzy Tech analizörü set datalarını browse ederek sistemi modifiye eder.

Kontrol devresinin performans analizi, fuzzy lojik termostatın az soğutulan yerlerde detekte edilen verileri gösterir. Bu şekilde standart bir evde enerji tüketimi yaklaşık %3.5 azaltılır. Aynı şekilde konfor seviyesi de yükselir ve Fuzzy lojik termostat sayesinde oda sıcaklığındaki 5 F° düşüş de, konvansiyonel (klasik) termostatlara göre hemen devreye girer.

Fuzzy lojik termostat A/C üzerinde herhangi bir modifikasyona gereksinim duymaz. Hatta eski A/C lerdeki sistemin değiştirilmesi mevcudu da upgrade yapar. Eğer havalandırma iyi kontrol edilirse, daha safistike bir tasarımda daha iyi bir performans elde edilir.

# FUZZY LOJİK TERMOSTATIN ÜSTÜNLÜKLERİ

1. %3.5 oranında enerji tasarrufu sağlanmaktadır.
2. Düşük maliyet.
3. Kullanım kolaylığı.
4. Uzun Ömür.
5. Konfor.
6. 1 derecenin 5'inde 1'i hassasiyetinde sıcaklık duyarlılığı.
7. Sistemlere entegre edilebilirlik.

# YÜKSELEN MIQ (Machine Intelligence Quotient)

(Machine Intelligence Quotient : Makinede Zeka Miktarı)

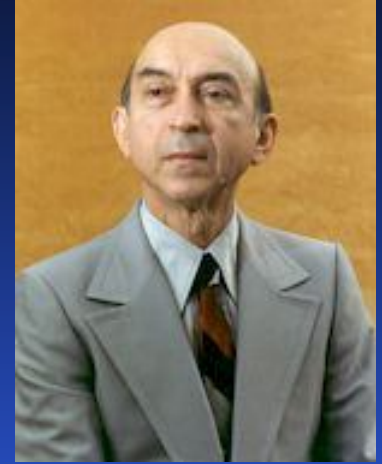
Fuzzy lojik mantığı mevcut bir sistem içine kolaylıkla konabilir ve uygulamaları oldukça geniştir. Aşırı geçmiş ve tamamen kullanıcı müdahalesi ile işlem yapabilen bir sistemde dahi, bununla entegre edilerek oldukça önemli bir gelişme sağlanabilir. Fuzzy lojik kavramını ortaya atan Profesör Zadeh, bunu (MIQ) olarak adlandırmaktadır. Yeniden düşünüldüğünde sistem ve cihazlar, kullanıcı için yenilikler ve köklü değişiklikler ihtiva etmektedir.

Günlük yaşam şartlarına cevap veren makinaların geliştirilmesi matematiksel ilişkilendirmeden çok, fuzzy lojik tekniklerinin uygulaması ile ve buna uygun tasarımlar yapılmasıyla güçlendirilebilir.



# FUZZY LOJİK KAVRAMININ FİKİR BABASI

Lotfi A. Zadeh, 4 Şubat 1921 yılında Azerbaycan'ın Bakü şehrinde doğdu. Öğremine İran'ın Tahran şehrinde devam eden Zadeh,1942 yılında Tahran Üniversitesi Elektrik Mühendisliği'nden mezun oldu. 1944 yılında Amerikaya gitti ve 1946 yılında Massachusetts Institute of Technology (MIT)'de yüksek lisans yaptı.1949'da Columbia Üniversitesinde doktora yapmış ve 1957 yılında da aynı üniversiteden Profesör ünvanı almıştır.1959'da Berkeley Üniversitesine geçmiş ve 1963 yılında bölüm başkanı olmuştur.Halen Berkeley Üniversitesinde çalışmaya devam etmektedir.



Zadeh,Berkeley Üniversitesine geçtikten sonra lineer sistemler ve otomasyon teorileri üzerine yoğunlaşmış ve 1965 yılında fuzzy setleri hakkında yayımlar yapmıştır.Bu yayımlar fuzzy lojikin temellerini oluşturmaktadır ki 1973 yılında Zadeh bu temeller üzerine fuzzy logic kavramını inşaa etmiştir.Bu fikrin ortaya çıkmasıyla fuzzy lojik sanayiden, tüketiciye yönelik ürünlere,kontrol sistemlerinden matematik gibi çeşitli bilim dallarına kadar çok geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmuştur.

Zadeh,1973 yılından itibaren IEEE Education Medal, Ronda Prize, the American Society of Mechanical Engineers' Rudolf Oldenburger Medal, the Grigore Moisil Prize, the Kampe de Feriet Medal,1992'de IEEE Richard W. Hamming Medal ve Centennial Medal ve 1995'de fuzzy lojik ve uygulamalarına önderlik ettiği için IEEE Medal of Honor gibi çok sayıda ödül almış ve çok sayıda değişik üniversitelerden de doktora ünvanı almıştır.

Zadeh evli ve iki çocuk sahibi olup, California eyaletinde ikamet etmektedir.

Kaynak : 1995 IEEE Honors Ceremony Brochure