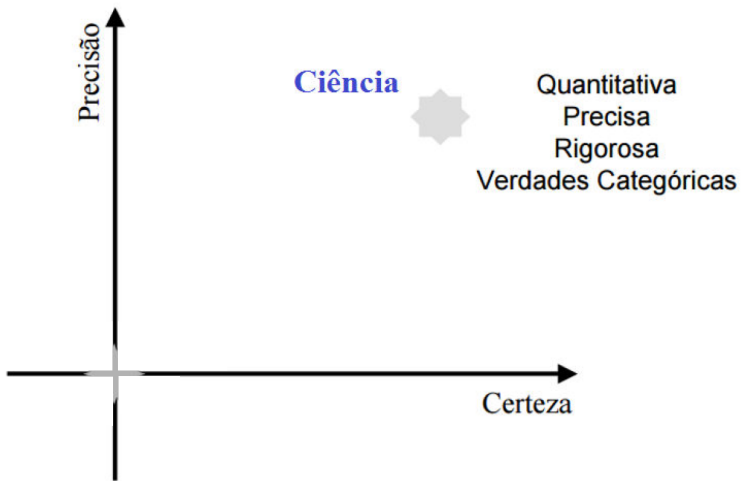


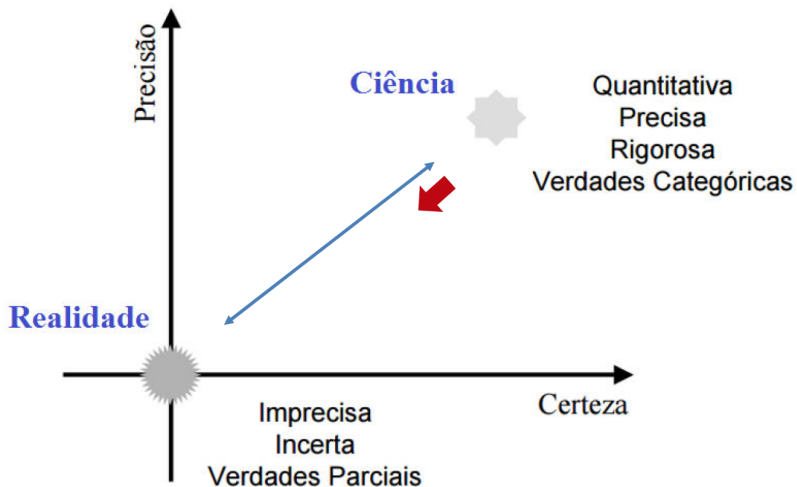


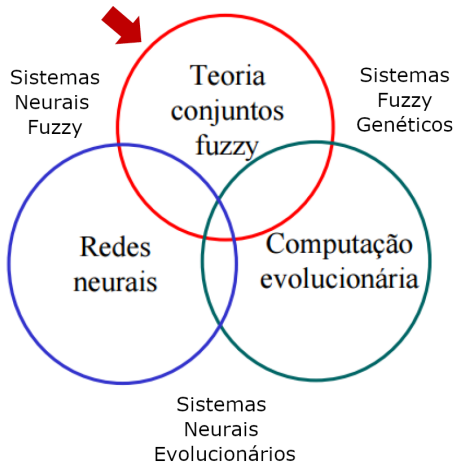
Inteligência Computacional
Sistemas Fuzzy
01 - Introdução

Objetivos

- Introduzir fundamentos e conceitos de sistemas fuzzy
 - Conjuntos
 - Relações
 - Inferência
 - Agrupamento
- Apresentar instrumentos computacionais para a consolidação de fundamentos e conceitos
- Discutir e desenvolver modelos fuzzy para resolver problemas no contexto de modelagem, previsão, classificação, controle,







Por que Fuzzy?

- Trata informações imprecisas empregadas usualmente na comunicação humana.
- Sistema lógico que visa o raciocínio aproximado.

A precise logic of imprecision.- L. Zadeh, 1965.

Não se imagina como tudo é vaga até que se tente fazê-lo de modo preciso. - B. Russel

- Ao tentar formalizar a Matemática, Russel encontrou no paradoxo do mentiroso de Creta a possibilidade de algo ser e não ser ao mesmo tempo.

O filósofo Cretense dizia que todos os Cretenses mentem. Se ele mente, então ele pode falar a verdade; se ele fala a verdade, então ele está mentindo.

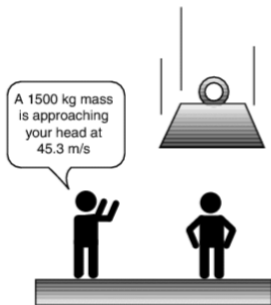
Por que Fuzzy?

- Permite graduações da pertinência de um elemento a uma classe (granulação fuzzy).
- Resolve problemas a partir de diferentes níveis de granularidade (detalhe/abstração).
- Diferentes níveis de abstração são essenciais para humanos resolverem problemas.
- Lida com imperfeição da informação.
- Sistema lógico que visa o raciocínio aproximado.

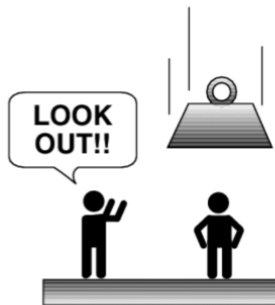
A que horas começa a aula

- Informação perfeita: a aula começa às 13h
- Informação imprecisa: a aula começa entre 12h e 14h
- Informação incerta: eu acho que a aula começa às 13h
- Informação vaga: a aula começa lá pelas 13h
- Informação probabilista: é provável que a aula comece às 13h
- Informação possibilista: é possível que a aula comece às 13h
- Informação inconsistente: José disse que a aula começa às 13h, mas Maria disse que começa às 12h e 45m
- Ignorância: eu não faço a menor ideia do horário da aula

Precisão x Significância



Precision



Significance

Modelagem da Imprecisão

- Lógica Fuzzy
 - Trata questões associadas a imprecisão intrínseca, ao invés das relacionadas com incertezas de medição.
- Imprecisão Intrínseca
 - Associada com a descrição das propriedades de um fenômeno e não com as medidas da propriedade.

Problema da Dicotomia



One seed does not constitute a pile nor two nor three... from the other side everybody will agree that 100 million seeds constitute a pile. What therefore is the appropriate limit? Can we say that 325647 seeds don't constitute a pile but 325648 do? - Borel, 1950

Problema da Incompatibilidade



State informally, the essence of this principle is that as the complexity of a system increases, our ability to make precise and yet significant statemenets about its behavior diminishes until a threshold is reached beyond which precision and significance (or relevance) become almost mutually exclusive characteristics. - L. Zadeh

Lotfi Zadeh

- 1921-2017, Baku-Berkeley
- 1942: Engenheiro Elétrico, University Tehran
- 1944: Imigração
- 1946: MSc, MIT, Sup.: Robert Fano
- 1949: PhD, Columbia University, Sup.: John Ragazzini
- 1952: Information Theory and Systems Theory
- 1963: Professor UC Berkeley
- 1965: Fuzzy Sets

Introdução

Lotfi Zadeh

Artigo Seminal

INFORMATION AND CONTROL 8, 338-353 (1965)

Fuzzy Sets*

L. A. ZADEH

*Department of Electrical Engineering and Electronics Research Laboratory,
University of California, Berkeley, California*

A fuzzy set is a class of objects with a continuum of grades of membership. Such a set is characterized by a membership (characteristic) function which assigns to each object a grade of membership ranging between zero and one. The notions of inclusion, union, intersection, complement, relation, convexity, etc., are extended to such sets, and various properties of these notions in the context of fuzzy sets are established. In particular, a separation theorem for convex fuzzy sets is proved without requiring that the fuzzy sets be disjoint.

I. INTRODUCTION

More often than not, the classes of objects encountered in the real physical world do not have precisely defined criteria of membership. For example, the class of animals clearly includes dogs, horses, birds, etc. as its members, and clearly excludes such objects as rocks, fluids, plants, etc. However, such objects as starfish, bacteria, etc. have an ambiguous status with respect to the class of animals. The same kind of ambiguity arises in the case of a number such as 10 in relation to the "class" of all real numbers which are much greater than 1.

Clearly, the "class of all real numbers which are much greater than 1," or "the class of beautiful women," or "the class of tall men," do not constitute classes or sets in the usual mathematical sense of these terms.

Introdução

Primeiras Teses

Fuzzy Sets and Pattern Recognition

By

Chin-Liang Chang

Grad. (Taiwan Provincial Taipei Institute of Technology) 1958
M.S. (Ishih University) 1964

DISSERTATION

Submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of

DOCTOR OF PHILOSOPHY

in

Engineering

in the

GRADUATE DIVISION

of the

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

Approved:

.....
.....
.....
.....

Committee in Charge

Categories of Fuzzy Sets:
Applications of Non-Cantorian Set Theory

By

Joseph Amadeo Coguen, Jr.
A.B. (Harvard University) 1963
M.A. (University of California) 1966

DISSERTATION

Submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of

DOCTOR OF PHILOSOPHY

in

Mathematics

in the

GRADUATE DIVISION

of the

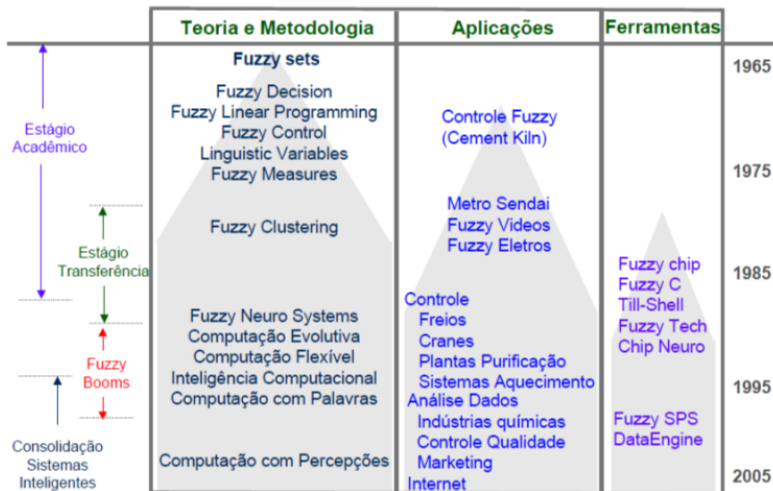
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

Approved:

.....
.....
.....
.....

Committee in Charge

Evolução Sistemas Fuzzy



Evolução das aplicações comerciais e industriais

- 1986 → 8
- 1987 → 15
- 1988 → 50
- 1989 → 100
- 1990 → 150
- 1991 → 300
- 1992 → 800
- 1993 → 1.500

Em 1994 o Japão exportou 35 bilhões de dólares em produtos baseados em sistemas fuzzy (ou híbridos).

Produtos Comerciais

- Metro Sendai: 16 estações e 13,5 Km de trilhos, Hitachi.
- Lavadoras de roupas medem peso e sujeira para avaliar programa de lavagem.
- Máquinas para filmagem comparam imagens para diminuir tremida.
- Aspiradores de pó medem a quantidade de pó para variar a potência de sucção.
- Fornos micro-ondas medem a temperatura/umidade/forma dos alimentos para controlar o tempo.
- Ar condicionado mede temperatura ambiente e considera preferência do usuário.
- Sistemas ABS medem deslizamento/travamento das rodas para controlar freios.
- Mitsubishi, sistema controla suspensão, tração e transmissão de ar.
- Hitachi, 150 regras para negociar fundos soberanos e mercados futuros.
- Yamaichi, sistema com centenas de regras para negociar ações.
- Fujitec, controle de elevadores para reduzir tempo de espera.

Produtos Comerciais - por área

- Controle
 - Controle der aeronave (Rockewll Corp)
 - Operação do metrô de Sendai (Hitachi)
 - Transmissão automática (Nissan, Subaru)
 - Self-parking car (Tokyo Tech. Univ.)
 - Space shuttle docking (NASA)
- Otimização e Planejamento
 - Operação de elevadores (Hitachi, Fujitech, Mitsubish)
 - Análise de mercado de ações (Yamaichi Securities)
- Análise de Sinais
 - Ajuste de imagem de TV (Sony)
 - Reconhecimento de escrita (Sony Palm Top)
 - Foco de câmera de vídeo (Sanyo/Fisher, Cannon)

Aplicações

Fuzzy Logic Control - Lavadora LG T8077TEELK



A built in load sensor automatically detects the laundry load and a microprocessor optimizes washing conditions such as ideal water level and washing time. You can set the Wash Program type at Fuzzy and it would sense the appropriate washing method required to give you the best washing performance.

Lógica Fuzzy e Probabilidade

- Fuzzy em inglês significa: *indistinct, blurred, not sharply delineated or focused.*
- Tecnicamente, fuzzy representa imprecisão ou incerteza baseada na intuição humana e não na teoria da probabilidade.



Lógica Fuzzy e Probabilidade



- O líquido de uma das dez garrafas tem 95% de probabilidade de ser água e 5% de ser veneno puro $Pr[A \in L] = 0.95$ e $Pr[B \in L] = 0.05$
- O líquido de todas as garrafas tem 95% de pertinência no conjunto puro e 5% no conjunto veneno. $\mu_L(A) = 0.95$ e $\mu_L(B) = 0.05$
- Qual das duas situações é preferível se temos que beber algo?

Lógica Fuzzy e Probabilidade



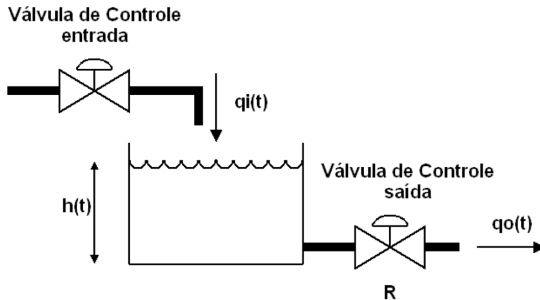
- O líquido de uma das dez garrafas tem 95% de probabilidade de ser água e 5% de ser veneno puro $Pr[A \in L] = 0.95$ e $Pr[B \in L] = 0.05$
- O líquido de todas as garrafas tem 95% de pertinência no conjunto puro e 5% no conjunto veneno. $\mu_L(A) = 0.95$ e $\mu_L(B) = 0.05$
- Qual das duas situações é preferível se temos que beber algo?

Veneno em 5% de concentração não mata, mas faz passar mal

Conhecimento

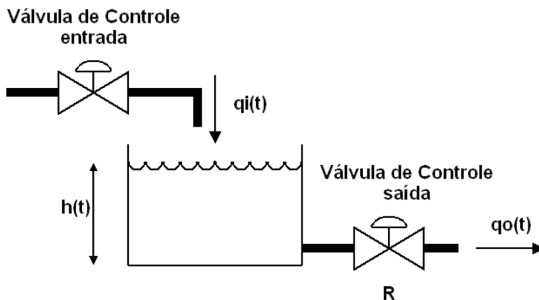
- Existem duas formas distintas de conhecimento utilizado para se resolver um problema de modelagem:
 - Conhecimento Objetivo → Modelos matemáticos
 - Conhecimento Subjetivo → Especialistas, regras linguísticas

Controle de Nível



$$e(t) = h(t) - h_{ref}(t)$$

Conhecimento Objetivo - Controle Baseado nas Leis da Física

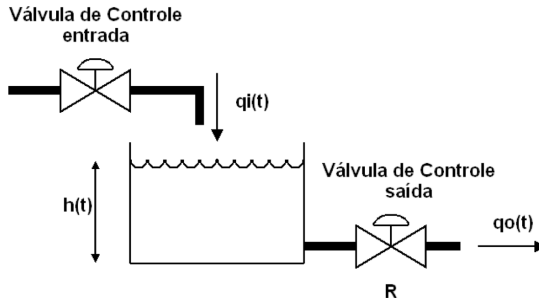


$$Q_i - Q_0 = A \frac{dH}{dt}$$

$$Q_0 = C_d a \sqrt{2g \cdot H}$$

$$A \frac{dH}{dt} + C_d a \sqrt{2g \cdot H} = Q_i$$

Conhecimento Subjetivo - Operador Controlando a Vazão



$$e(t) = h(t) - h_{ref}(t)$$

Se Erro é Positivo Alto **Então** Ação é Fechar Rápido

Se Erro é Negativo Alto **Então** Ação é Abrir Rápido

...

Se Erro é Nulo **Então** Ação é Manter

Sistemas Fuzzy

- Permitem a utilização de conhecimento objetivo e subjetivo no processo de modelagem.
- Permite capturar informações imprecisas descritas em linguagem natural e convertê-las para formato numérico.
- Exemplo:
 - **Se** Temperatura é Alta **Então** Vazão é Baixa
 - **Se** Temperatura é Baixa **Então** Vazão é Alta

Lotfi Zadeh - Egg

Abordagens no Desenvolvimento de Sistemas Fuzzy

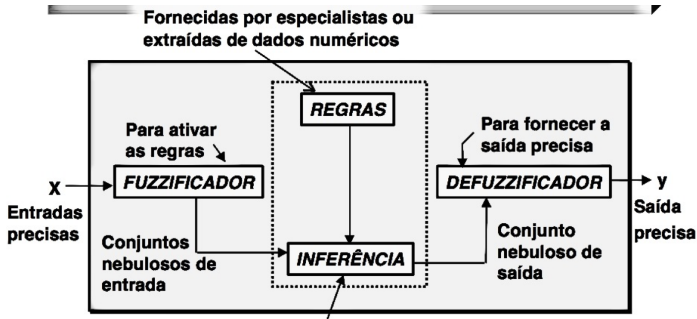
- Baseada em modelos

- Informação objetiva → modelo matemático.
- Informação subjetiva → afirmações linguísticas.

- Model Free

- Informação linguística coletada como conhecimento prévio e ajuste fino de parâmetros a partir de dados.
- Alternativa utilizar apenas dados.

Sistemas Fuzzy



- Mapeia fuzzy sets em fuzzy sets
- Determina como as regras são ativadas e combinadas



Mapeamento não linear de um vetor de entrada (característica) em um vetor de saída capaz de incorporar tanto conhecimento objetivo quanto conhecimento subjetivo

Sociedades

- IEEE Computational Intelligence Society (CIS)
- European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT)
- North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS)
- International Fuzzy Systems Association (IFSA)
- Sociedade Brasileira de Computação (SBC)

Eventos Principais

- World Congress on Computational Intelligence (WCCI)
 - IEEE Int. Conf. on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)
 - Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)
 - NAFIPS Fuzzy Conference
 - World Congress of the IFSA
 - Conference of the EUSFLAT
 - International Conference on Evolving and Adaptive Intelligent Systems (EAIS)
 - Conf. Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU)
-
- Congresso Brasileiro de Sistemas Fuzzy (CBSF)
 - Brazilian Conference on Intelligent Systems (BRACIS)
 - Congresso Brasileiro de Automática (CBA - SBAI)
 - Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional (CBIC)
 - Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC)

Periódicos

- IEEE Transactions on Fuzzy Systems
- IEEE Transactions on Cybernetics
- Information Sciences
- Artificial Intelligence
- Knowledge-Based Systems
- Expert Systems with Applications
- Applied Soft Computing
- International Journal of Intelligent Systems
- Engineering Applications of Artificial Intelligence
- International Journal of Approximate Reasoning
- Fuzzy Sets and Systems
- Soft Computing
- Evolving Systems
- Fuzzy Optimization and Decision Making
- Transactions on Fuzzy Sets and Systems