


Aula 5

Leitura

☰



Controle e modelagem fuzzy

Marcelo Godoy Simões

Capítulo 1. Introdução

16

Capítulo 2. O que é um sistema inteligente ?

17

Capítulo 3. Modelagem de plantas e processos em sistemas de controle

19

Capítulo 4. Princípios básicos de lógica fuzzy

27

Capítulo 5. Introdução à teoria de conjuntos

32

Capítulo 6. Operações entre conjuntos no mesmo universo de discurso

40

4

PRINCÍPIOS BÁSICOS DE LÓGICA FUZZY


OBJETIVOS DO CAPÍTULO

- Reconhecer a bivalência como uma questão cultural
- Reconhecer a multivalência como um atributo do mundo real
- A relação entre a imprecisão devido à comunicação humana e a modelagem
- Entender o conceito de implicação lógica
- Entender como se utilizar de números *fuzzy*
- Definir qualitativamente a fuzzificação e a defuzzificação
- Entender os limites inerentes da precisão

4.1 — BIVALÊNCIA

O atributo da **bivalência** significa a utilização de dois valores: algo é verdadeiro ou não-verdadeiro, branco ou preto, ou é um ou zero. A lógica clássica de *Aristóteles* fez do atributo da bivalência um marco histórico em nossa cultura ocidental. Espera-se sempre que uma determinada afirmação seja *verdadeira*, ou *falsa*. Não há nada entre ambas, o meio é excluído. A bivalência está profundamente enraizada em nosso modo de pensar, em nossa tradição, e até em nosso comportamento ético. Tal bivalência torna-se uma "lei do raciocínio", que a primeira vista parece auto-explicativa. Por exemplo, alguém é amigo, ou

☰



Controle e modelagem fuzzy

Marcelo Godoy Simões

Capítulo 1. Introdução

16

Capítulo 2. O que é um sistema inteligente ?

17

Capítulo 3. Modelagem de plantas e processos em sistemas de controle

19

Capítulo 4. Princípios básicos de lógica fuzzy

27

Capítulo 5. Introdução à teoria de conjuntos

32

Capítulo 6. Operações entre conjuntos no mesmo universo de discurso

40


branco ou preto, ou é um ou zero. A lógica clássica de *Aristóteles* fez do atributo da bivalência um marco histórico em nossa cultura ocidental. Espera-se sempre que uma determinada afirmação seja *verdadeira*, ou *falsa*. Não há nada entre ambas, o meio é excluído. A bivalência está profundamente enraizada em nosso modo de pensar, em nossa tradição, e até em nosso comportamento ético. Tal bivalência torna-se uma "lei do raciocínio", que a primeira vista parece auto-explicativa. Por exemplo, alguém é amigo, ou inimigo. As consequências normais de tal ética são certamente ruins. Em geral temos pouca tolerância com o meio excluído, por exemplo contra pessoas que dizem "meia-verdades".

A ciência da computação, ou informática, é baseada na bivalência. A álgebra *booleana* é considerada como uma ferramenta, que possibilita embarcar "as leis da verdade" em linguagem matemática. Em nossa ciência e tecnologia, a verdade e a precisão tem se tornado inter-relacionadas e consideradas como uma parte indispensável do método científico: se algo não é absolutamente correto, então não é verdade. Duas vezes dois é quatro, absolutamente. As pessoas costumavam rir das primeiras máquinas de calcular que resultavam em 3.9999999 !

4.2 — MULTIVALÊNCIA

Há um considerável **descompasso entre o mundo real e nossa visão bivalente** do mesmo, a começar pelo fato que o mundo real contém um número infinito de sombreamentos e graus de cinza entre as cores preta e branca. Um outro exemplo típico ocorre em diagnósticos médicos: o profissional necessita contabilizar em sua mente um número enorme de fatores diferentes, e até contraditórios, para se descrever a doença do paciente; em decisões judiciais a situação é a de o júri e o juiz terem que apreciar quão culpado é o acusado. Parece que no mundo real, tudo é uma questão de ponto de vista ou de graduação, ou seja, tudo depende. O mundo real não é bivalente, é na realidade multivalente com um infinito espectro de opções em vez de duas. Em termos técnicos, o mundo real é analógico, não digital, com muitos tons de cinza entre o branco e o preto. Verdade absoluta e precisão

☰



Controle e modelagem fuzzy

Marcelo Godoy Simões

Capítulo 1. Introdução

16

Capítulo 2. O que é um sistema inteligente ?

17

Capítulo 3. Modelagem de plantas e processos em sistemas de controle

19

Capítulo 4. Princípios básicos de lógica fuzzy

27

Capítulo 5. Introdução à teoria de conjuntos

32

Capítulo 6. Operações entre conjuntos no mesmo universo de discurso

40

(a)

(b)

Figura 4.2 — Representação de número fuzzy (a) "Quase Zero". (b) "Próximo de Zero"

 <div> <div>Controle e modelagem fuzzy</div> <div>Marcelo Godoy Simões</div> </div>		...
Capítulo 1. Introdução	16	
Capítulo 2. O que é um sistema inteligente ?	17	
Capítulo 3. Modelagem de plantas e processos em sistemas de controle	19	
Capítulo 4. Princípios básicos de lógica fuzzy	27	
Capítulo 5. Introdução à teoria de conjuntos	32	
Capítulo 6. Operações entre conjuntos no mesmo universo de discurso	40	



Figura 4.2 — Representação de número fuzzy (a) “Quase Zero”, (b) “Próximo de Zero”

4.4 — IMPLICAÇÃO LÓGICA E REGRAS DE INFERÊNCIA


Há um aspecto relevante na forma de pensar dos seres humanos: a *implicação lógica*, que consiste na formulação de uma conexão entre causa e efeito, ou uma condição e sua consequência. Em carreiras técnicas tais implicações lógicas são virtualmente encontradas em todas as situações, por exemplo, ao se operar uma máquina, ao se resolver problemas matemáticos, programar um computador, seguir um procedimento em um manual de instruções, ou até tomar uma decisão de qual instrumento comprar. Nesses casos, segue-se consciente ou inconscientemente certas *regras de inferência*, da seguinte forma:

SE $causa_1 = A$ e $causa_2 = B$ ENTÃO $efeito = C$

onde A, B e C são conjuntos. Em lógica fuzzy há um *raciocínio* com números fuzzy e conjuntos fuzzy, e as afirmações podem ser consideradas como regras práticas, como na seguinte situação:

SE o trânsito está *PESADO* na Rua #2 ENTÃO mantenha o semáforo verde *MAIS TEMPO ACESO*

onde os termos *PESADO* e *MAIS TEMPO ACESO* representam *conjuntos fuzzy*. *PESADO* é uma função que define o grau de densidade do trânsito, enquanto *MAIS TEMPO ACESO* é uma função que define o grau de duração do tempo de operação do semáforo. O fato de se implantar “inteligência” no controlador de semáforo consiste então em associar esses termos fuzzy através de uma *inferência fuzzy*, expressa por uma estrutura SE...ENTÃO.

 <div> <div>Controle e modelagem fuzzy</div> <div>Marcelo Godoy Simões</div> </div>		...
Capítulo 1. Introdução	16	
Capítulo 2. O que é um sistema inteligente ?	17	
Capítulo 3. Modelagem de plantas e processos em sistemas de controle	19	
Capítulo 4. Princípios básicos de lógica fuzzy	27	
Capítulo 5. Introdução à teoria de conjuntos	32	
Capítulo 6. Operações entre conjuntos no mesmo universo de discurso	40	

Além dos fatores descritos, há uma característica que em sistemas complexos a precisão matemática perde seu significado. Em *O Princípio da Incompatibilidade*, Zadeh afirma que “Conforme a complexidade de um sistema aumenta, nossa habilidade de fazer afirmações precisas e significativas sobre seu comportamento diminui, até um limiar em que a precisão e relevância tornam-se praticamente características mutuamente exclusivas.”

4.6 — UM RESUMO QUALITATIVO DE LÓGICA FUZZY

- A lógica clássica aristotélica é *bivalente*, isto é, reconhece apenas dois valores: verdadeiro ou falso. A lógica fuzzy é *multivalente*, isto é, reconhece uma multitude de valores, assegurando que a verdade é uma questão de ponto de vista ou de graduação, definindo o grau de veracidade em um intervalo numérico $[0,1]$.
- A lógica fuzzy é uma forma de *gerenciamento de incertezas*, através da expressão de termos com um grau de certeza, num intervalo numérico $[0,1]$, onde a certeza absoluta é representada pelo valor 1.
- Expressões verbais, imprecisas, qualitativas, inerentes da comunicação humana, que possuem vários graus de incerteza, são perfeitamente manuseáveis através da lógica fuzzy.
- No raciocínio humano, consistindo de *implicações lógicas*, ou também chamado por *inferência lógica*, a entrada ou condição e a saída ou consequência, são associadas por regras de raciocínio, com graus de verdade no intervalo $[0,1]$.
- A lógica fuzzy pode sistematicamente traduzir os termos fuzzy da comunicação humana em valores compreensíveis por computadores. Já que os computadores são máquinas de aplicações gerais que podem interfacear com processos físicos, químicos, térmicos e biológicos, a forma

is used.

Ammo and health inputs has five membership sets: very low, low, medium, high and very high. Fig. 4 shows membership sets for inputs.

For output, five action states define membership sets. These action states are: hide, run away, stop, walk around and attack. Higher ammo and health levels mean actions aimed more on attack. Lower ammo and health levels means actions aimed more on run away and hide. Values of each action state calculated by the fuzzy logic system define strength of the actions that will be taken by the computer controlled game character. Fig. 5 shows membership sets for output.

3.2 Generating the Rules

It is extremely important to write rules which cover every possible set of inputs. Because of any missing rule, the fuzzy logic system will not know how to respond. There will be no value for the output in that case.

Rules for the output are written using If-Then statements. Having five membership sets for each input variable (ammo and health), $5 \times 5 = 25$ different rules must be written for output in this work. Some rules that are written for the game system are given below:

IF (ammo IS VERY LOW) AND (health IS VERY HIGH) THEN (action IS STOP)

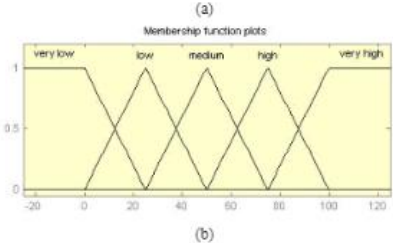


Fig. 4 Membership sets for (a) ammo and (b) health inputs.

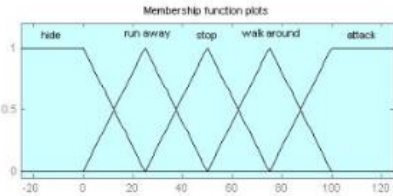


Fig. 5 Membership sets for output.

IF (ammo IS LOW) AND (health IS HIGH) THEN (action IS STOP)

IF (ammo IS MEDIUM) AND (health IS LOW) THEN (action IS RUN AWAY)

IF (ammo IS HIGH) AND (health IS VERY LOW) THEN (action IS RUN AWAY)

...

If all of the rules are combined in a table, a rule table

is gotten as shown in Fig. 6. As seen on the rule table, ammo membership sets are located on top of the table and health membership sets are located on left side. For example, if ammo input is very low and health input is medium, the rule "run away" for action state of the computer controlled character is gotten.

Effects of the inputs on outputs can be shown in two graphics in Fig. 7. These graphics created using Fuzzy Logic Toolbox-FIS Editor-Surface Viewer in Matlab R2008a. The 3D graphic created using plot type "surface" and the 2D graphic created using plot type "Pseudo-Color". On the 3D graphic, the output values in 3D surface according to health and ammo values can be seen. On the 2D graphic, ammo input values are located on x coordinate and health input values are on y coordinate. According to these values, the output values are shown in different color levels between red and yellow.

By using Rule Viewer in FIS Editor, the rules used in the fuzzy logic system and their reactions according to inputs can be watched easily. For example, two different calculations are shown in Fig. 8. Fig. 8a shows results for ammo at level 83 and health at 22 while Fig. 8b shows results for ammo at level 17 and health at 52.

3.3 Action States in the Game System

		Ammo				
		Very Low	Low	Medium	High	Very High
Health	Very Low	HIDE	HIDE	RUN AWAY	RUN AWAY	STOP
	Low	HIDE	RUN AWAY	RUN AWAY	STOP	WALK AROUND
	Medium	RUN AWAY	RUN AWAY	STOP	WALK AROUND	WALK AROUND
	High	RUN AWAY	STOP	WALK AROUND	WALK AROUND	ATTACK
	Very High	STOP	WALK AROUND	WALK AROUND	ATTACK	ATTACK

Fig. 6 The rule table.

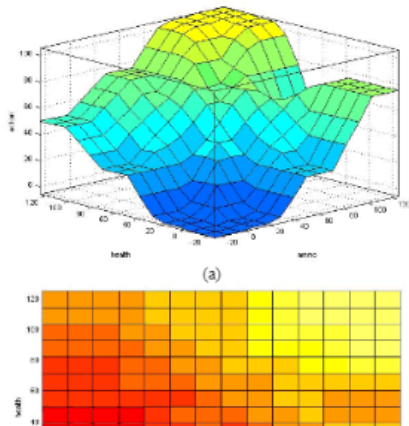


Fig. 7(a) 3D surface plot of output values.

Fig. 7(b) Pseudo-color plot of output values.

Sugestões

1. Você pode pensar em um jogo de palavras envolvendo a lógica Fuzzy

<https://www.datacamp.com/tutorial/fuzzy-string-python>

<https://towardsdatascience.com/fuzzy-string-matching-in-python-68f240d910fe>

2. Uma função que devolve créditos para um jogador de acordo com o seu desempenho no jogo

https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/auto_examples/plot_tipping_problem_newapi.html

https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/auto_examples/plot_control_system_advanced.html#example-plot-control-system-advanced-py