

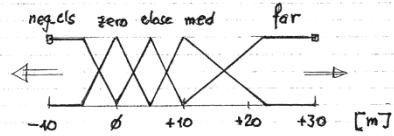
1.13. Projekt Kran

Projekt KRAN

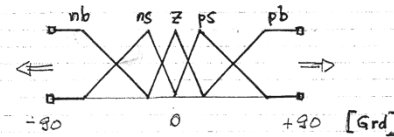
12.03.03 Kur

Variablen Input:

Distance:



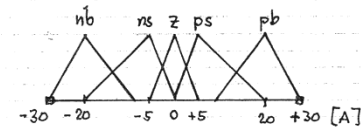
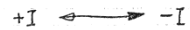
Angle:



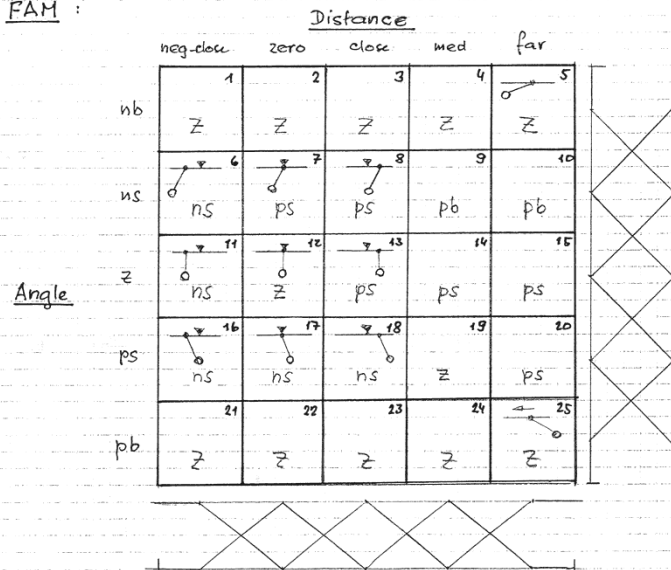
Output:

I Motor

Fahrtrichtung:



FAM:



Zusammenfassung

Wissensbasierte Systeme



Christian Moser

Ergänzungen und Korrekturen: Patrick Schuler

Beta Version, 10. April 2003, 23:20 Uhr
mit c't Text

1. Fuzzy Logik

1.1. Was ist Fuzzy-Logik

Fuzzy Logik ist an der Universität von Berkley im Jahre 1965 entwickelt worden. Die Grundidee war es ein komplexes technisches System mit Hilfe von einfachen Begriffen der Umgangssprache zu definieren. Die Mengenlehre wurde dazu um so genannte unscharfe Mengen erweitert.

Wenn beispielsweise zwischen kalten und warmen Tagen unterschieden wird, dann gehört ein Tag mit 15 Grad Aussentemperatur zu den eher kühleren Tagen unter den warmen. Er gehört also zu einem gewissen Grad in beide Mengen.

Wenn nun mit konventioneller Logik entschieden wird, ob die Heizung eingeschaltet werden muss, dann gibt es genau eine Temperatur, bei der die Heizung mit voller Leistung einschaltet, da es nur die zwei Zustände EIN bzw. AUS gibt.

Ein Fuzzy-System hingegen, kann die Heizung kontinuierlich nachregeln und kennt keine scharfen Grenzen.

1.2. Einsatzgebiet

Fuzzy-Logik erweitert die konventionelle Regelungstechnik. Sie findet ihren Einsatz bei

- komplexem Systemen, zu denen kein mathematisches Modell gefunden werden kann
- schwierigen Entscheidungen, wo viele Kriterien zusammenspielen (Expertensysteme)
- nichtlinearem Verhalten der Regelstrecke
- der Automation von menschlichen Abläufen

Für einfache Aufgaben, welche auch gut konventionell gelöst werden können, sollte Fuzzy-Logik nicht eingesetzt werden.

1.12. Text-Detektor

Beim **Fehlertoleranten Information-Retrieval** geht es darum, dass man im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren nicht nur exakt identische, sondern auch ähnliche Begriffe und diese wenn möglich wortübergreifend finden kann. Als **Anwendung** kommen Rechtschreibfehlerüberprüfung, Suchen in Datenbanken und Übersetzungssystemen in Frage.

Bei **bisherigen (alten) Verfahren** der Fehlerkorrektur wurden hauptsächlich 4 Typen von Fehlern unterschieden. Diese wären das Einfügen, Auslassen, Ersetzen, Vertauschen von Buchstaben.

Als **Trigramm Ähnlichkeitsmass** wird als Anzahl der übereinstimmenden Buchstaben-Tripel c durch die Gesamtzahl der aller in beiden Zeichenketten (Wortlängen m und n) vorkommenden Trigramme definiert.

$$s = 2 * c / (n + m)$$

Beispiel: Reisebus und Busreise haben rei, eis, ise, bus als gemeinsame. Ihr Ähnlichkeitsmass beträgt: $s = 2 * 4 / (8 + 8) = 0.5$

Wenn nicht davon ausgegangen werden kann, dass die **zu Vergleichenden Zeichenketten gleich lang sind**, wird der Nenner durch die Konstante 2 ersetzt.

Es können auch Buchstabenfolge anderer Länge berechnet werden. Kürzere **n-Gramme**, dabei führen zu einer grösseren **Toleranz**. Der Nachteil von kurzen n-Grammen ist es, dass es bei Wiederholungen des n-Grammes in einem Substring zu Unstimmigkeiten kommen kann. Sinnvoll ist es, mehrere n-Grammlängen gleichzeitig zu betrachten. Längere n-Gramme können dabei nur als Erweiterung von bereits gefundenen kleineren n-Grammen vorkommen. So entsteht nur ein minimaler zusätzlicher Rechenaufwand.

Der **Informationsgehalt** der n-Gramme könnte auch berücksichtigt werden, z.B. kann der Informationsgehalt als Kehrwert der Auftretenshäufigkeit des n-Gramms definiert sein.

Müssen **mehrere Wörter** gesucht werden, ist es sinnvoll, die Suche separat durchzuführen und die Ergebnisse in gewünschter Weise zu verknüpfen.

Mithilfe eines **Trigramm-Indexes**, dem entnommen werden kann, in welchem Wort des Vokabulars ein bestimmtes Trigramm vorkommt, können diejenigen Wörter die keine Trigrammübereinstimmung aufweisen direkt ausgeschlossen werden.

In einer **Trigramm-Dokumentenmatrix** wird markiert welches Trigramm in welchem Dokument vorkommt. Wenn die Häufigkeit sehr klein ist. Wird anstelle der ganzen Matrix, nur die Koordinaten der Übereinstimmungen gespeichert.

Ein n-Gramm soll dann in den Index aufgenommen werden, wenn es maximal in 10% aller Dokumente vorkommt und es sich nicht in ein kürzeres n-Gramm zerlegen lässt, so dass das Kürzere maximal in x% aller Dokumente vorkommt.

1.11. Hyperinferenz

Wenn ein Fuzzy-System in einem kritischen Umfeld betrieben wird, dann muss besonders gut darauf geachtet werden, dass bei ungewöhnlichen Input-Werten kein unerwartetes Verhalten auftritt. Deshalb können beim Hyperinferenz-Verfahren nebst den erlaubten Werten (positive Regeln) noch Verbote (negative Regeln) aufgestellt werden, welche den ungewollten Ausgangswerten entgegenwirken.

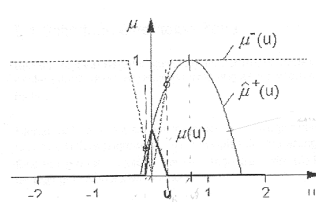
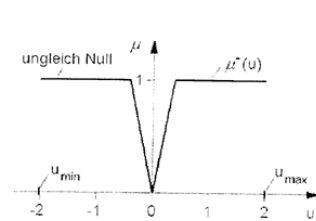
Die Ausgangs-Fuzzy-Sets sind Normiert, das heisst, dass der Maximalwert = 1 ist.

Warnungen und Verbote

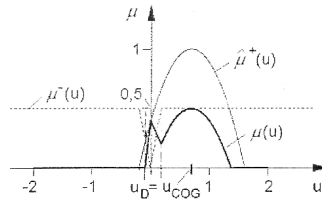
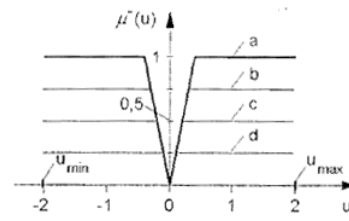
Über einen Differenzoperator wird das durch Verbote oder Warnungen definierte Fuzzy-Set vom Ausgangs-Fuzzy-Set abgezogen.

Durch einen Wert von 1 im negativen Fuzzy-Set können bestimmte Bereiche verboten werden. Durch Werte zwischen 0 und 1 kann ihre Auswirkung verringert werden.

Verbote



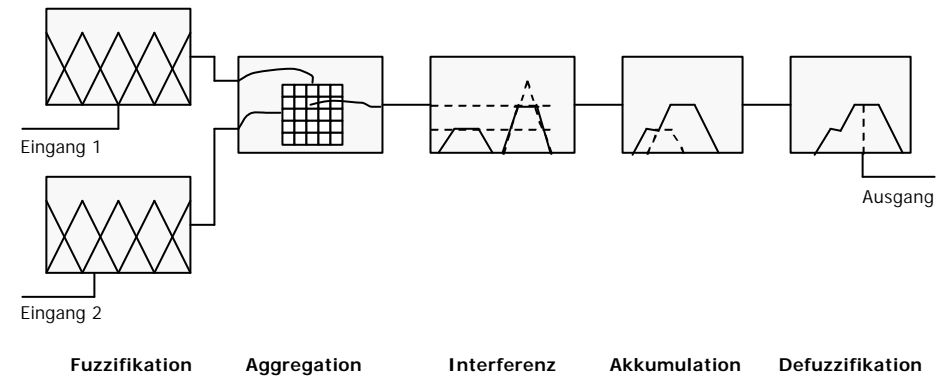
Warnungen



1.3. Aufbau eines Fuzzy-Systems

Ein Fuzzy-System besteht aus fünf Stufen. Aus Fuzzifikation, Aggregation, Interferenz, Akkumulation und Defuzzifikation.

- Fuzzifikation** Die Fuzzifikation wandelt die scharfen Eingangswerte in Zugehörigkeitsraten von unscharfen Mengen um.
- Aggregation** Die Aggregation wertet die Zusammenhänge der Mengen aus und bildet die Eingänge aus Ausgangsvariablen ab.
- Interferenz** Die Interferenz bewertet die Zugehörigkeit zu einem Ausgangs-Fuzzy-Set anhand eines Produkt Operators.
- Akkumulation** Die Flächen der Ausgangs-Fuzzy-Sets werden über einen Akkumulations-Operator zu einer Fläche zusammengefügt.
- Defuzzifikation** Anhand eines Defuzzifikations-Verfahrens wird aus der Fläche ein scharfer Wert berechnet.

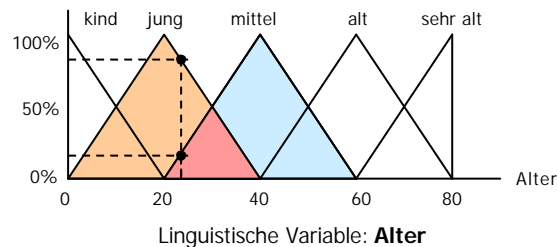


1.4. Linguistische Variablen

Als Eingangswerte eines Fuzzy-Systems dienen so genannte linguistische Variablen. Der Name stammt daher, dass sich die Werte durch Begriffe der Sprache definieren lassen.

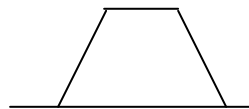
Jede linguistische Variable enthält mehrere unscharfe Mengen, die Fuzzy-Sets genannt werden. Die Variable Alter enthält zum Beispiel die Fuzzy-Sets: kind, jung, mittel, alt, sehr alt.

In der Regel enthält eine linguistische Variable zwischen 3 und 5 Fuzzy-Sets.

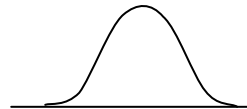


Ein Kind im Alter von 23 Jahren ist noch zu etwa 80% „jung“, jedoch bereits zu 20% „mittel“.

Das Zuteilen eines scharfen Eingangswertes in Fuzzy-Sets und deren Zugehörigkeitsfaktoren (%) nennt man Fuzzifikation.



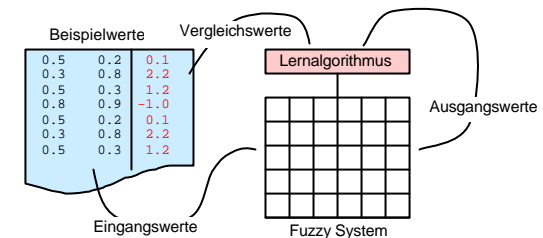
Für **technische Systeme** werden lineare Fuzzy-Sets verwendet.



Für Fuzzy-Systeme, welche ein **menschliches Verhalten** nachbilden, werden Glocken-Kurven als Fuzzy-Sets verwendet.

1.10. Neuro Fuzzy

Bei Neuro-Fuzzy wird anhand von Beispielwerten einem Fuzzy-System sein Verhalten beigebracht. Die Gewichtung der einzelnen Regeln wird dabei durch einen speziellen Algorithmus so verändert, dass sich der Ausgangswert des Fuzzy-Systems bei bestimmten Eingangswerten an einen gewünschten Wert annähert. Dieses Verfahren nennt man Back-Propogation.



Vorgehen

Man legt die Werte eines Beispiels an den Eingangsvariablen an und vergleicht den Ausgangswert des Systems mit dem gewünschten Wert des Beispiels.

Anhand der Formel werden dann die Gewichtungen von denen Regeln verändert, die gerade aktiv sind.

Lernalgorithmus

$$w_{neu} = w_{alt} + LR \cdot \Delta \cdot \frac{agg \cdot w_i}{\sum agg_{i,j} \cdot w_{i,j}}$$

Aggregation, berechnet aus den aktuell anliegenden Eingangswerten
 Gewichtung der Regel die verändert werden soll
 Summe aller Aggregationen der Matrix

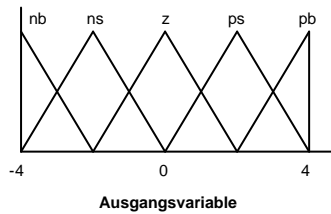
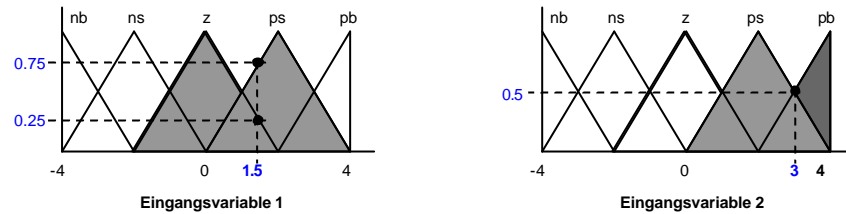
Zahlenbeispiel

Regel 24 soll angepasst werden, so dass sich der Output um 0.1 vergrößert. Welchen Wert muss die Gewichtung nach der Anpassung haben?

LR = 0.2, Delta = 0.1

$$w_{24_{neu}} = 0.7 + 0.2 \cdot 0.1 \cdot \frac{0.5 \cdot 0.7}{(0.25 \cdot 1 + 0.25 \cdot 0.8 + 0.5 \cdot 0.6 + 0.5 \cdot 0.7)} = 0.706$$

1.9. Berechnung eines Fuzzy Systems



Gewichtung der Regeln
 Regel 8 / 18 : 0.8
 Regel 7 / 19 : 0.6
 Regel 2 / 24 : 0.7
 übrige: 1.0

Aggregationsoperator: min
Akkumulationsoperator: max
Interferenzoperator: min-max
Defuzzifikation: CoM

		Eingangsvariable 1				
		nb	ns	z	ps	pb
Eingangsvariable 2	nb	1 nb	2 ps	3 pb	4 z	5 z
	ns	6 nb	7 ps	8 ps	9 ns	10 ps
	z	11 nb	12 nb	13 z	14 ps	15 pb
	ps	16 ns	17 ps	18 ns	19 ns	20 pb
	pb	21 z	22 nb	23 nb	24 nb	25 pb

	Eingang 1	Eingang 2	Aggregation	w _i	x	agg. · x
Regel 23:	0.25 · z	& 0.5 · pb	= 0.25 · nb	1.0	-4	0.25
Regel 18:	0.25 · z	& 0.5 · ps	= 0.25 · ns	0.8	-2	0.2
Regel 19:	0.75 · ps	& 0.5 · ps	= 0.50 · ns	0.6	-2	0.3
Regel 24:	0.75 · ps	& 0.5 · pb	= 0.50 · nb	0.7	-4	0.35

Durch den Akkumulationsoperator *max* werden die Ausgangs-Fuzzy-Sets von Regel 18 und 19 durch jede von Regel 23 und 24 übertrumpft und können daher vernachlässigt werden.

$$y = \frac{\sum agg_i \cdot w_i \cdot x_i}{\sum agg_i \cdot w_i} = \frac{0.5 \cdot 0.6 \cdot (-2) + 0.5 \cdot 0.7 \cdot (-4)}{0.5 \cdot 0.6 + 0.5 \cdot 0.7} = -0.3077$$

1.5. Aggregation

Bei der Aggregation werden die fuzzifizierten Eingangswerte in eine Matrix von Regeln eingespeist, welche festlegt welches Fuzzy-Set am Ausgang angesprochen wird.

Beispiel einer Regel:

„Wenn es draussen **sehr kalt** ist und im Haus **kühl**, dann muss **stark** geheizt werden.“

Da meistens mehrere Fuzzy-Sets pro Eingangsvariable gleichzeitig angesprochen werden, sind auch mehrere Regeln gleichzeitig aktiv. Was bewirkt, dass auch mehrere Fuzzy-Sets der Ausgangsvariable gleichzeitig angesprochen werden.

Die Trefferrate, welche aussagt wie fest ein Ausgangs-Fuzzy-Set anspricht wird durch die Gewichtung einer Regel, sowie durch die einzelnen Trefferraten der Eingangs-Fuzzy-Sets bestimmt.

Jede Regel besitzt eine Gewichtung **w_i** zwischen 0 und 1.

Beispiel einer Regelmatrix:

		Eingangsvariable 1				
		nb	ns	z	ps	pb
Eingangsvariable 2	nb	1 nb	2 ps	3 pb	4 z	5 z
	ns	6 nb	7 ps	8 ps	9 ns	10 ps
	z	11 nb	12 nb	13 z	14 ps	15 pb
	ps	16 ns	17 ps	18 ns	19 ns	20 pb
	pb	21 z	22 nb	23 nb	24 nb	25 pb

Aggregationsoperator

Die Aggregation (Zutreffrate) wird anhand des Aggregationsoperators aus den Werten der Eingangsvariablen gebildet.

min-Operator

Beim min-Operator wird der kleinere beider Eingangswerte als Aggregationswert genommen.

max-Operator

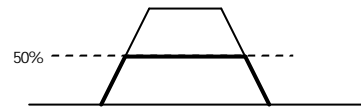
Beim max-Operator wird der grössere beider Eingangswerte als Aggregationswert genommen.

1.6. Interferenz

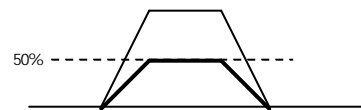
Bei der Interferenz werden die Ausgangs-Fuzzy-Sets anhand der Aggregationswerte (Zutrefferrate) zugeschnitten.

Dies kann durch verschiedene Interferenzoperatoren auf unterschiedliche Weise erfolgen.

max-min Operator Der max-min Operator schneidet das Ausgangs-Fuzzy-Set auf der Höhe seiner Aggregation die Spitze ab.



max-Produkt Oper. Der max-Produkt Operator skaliert das Ausgangs-Fuzzyset auf die Höhe seiner Aggregation.

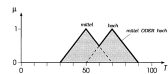


1.7. Akkumulation

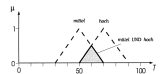
Die Akkumulation überlagert die Flächen der Ausgangs-Fuzzy-Sets und der Akkumulationsoperator entscheidet, wie sie miteinander zu einer Fläche verrechnet werden.



maximum Operator Der maximum Operator nimmt die äussere Hülle der Flächen (Vereinigungsmenge oder logisches ODER)



minimum Operator Der minimum Operator nimmt die gemeinsamen Schnittflächen. (Schnittmenge oder logisches UND)



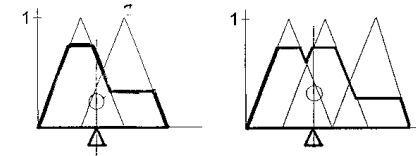
1.8. Defuzzifikation

Da man am Ausgang des Fuzzy-Systems wieder einen scharfen (numerischen) Wert benötigt, muss aus der durch die Akkumulation entstandenen Fläche ein Wert bestimmt werden.

Dies kann durch unterschiedliche Verfahren geschehen

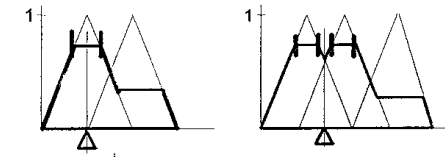
Center of Area/Gravity (CoA/CoG)

Bei CoG wird der Schwerpunkt der Fläche berechnet. Diese Methode wird oft für regelungstechnische Anwendungen verwendet.



Mean of Maximum (MoM)

Bei MoM wird der Mittelwert des Maximums verwendet. Bei mehreren Maximen wird der Mittelpunkt berechnet. Dieses Verfahren ist besonders gut für die Mustererkennung geeignet.



Center of Maximum (CoM)

Bei CoM werden die Mittelwerte aller Fuzzy-Sets berechnet, bevor sie durch die Akkumulation zusammengefügt wurden und anschliessend gewichtet.

