

Übungen zur Vorlesung  
**Fundamente der Computational Intelligence**  
Wintersemester 2006/07  
Blatt 2

**Aufgabe 2.1: Duale Tripel** (4 Punkte)

- a) Zeigen Sie, dass das folgende Tripel aus t-Norm, s-Norm und Komplement ein *duales Tripel* ist.  $t(x, y) = \max\{0, x + y - 1\}$ ,  $s(x, y) = \min\{1, x + y\}$ ,  $c(x) = 1 - x$
- c) Gegeben seien die Yager-s-Norm  $s_w$  mit  $s_w(x, y) = \min\{1, (x^w + y^w)^{1/w}\}$  sowie das Yager-Komplement  $c_w$  mit  $c_w(x) = (1 - x^w)^{1/w}$ ,  $w \in (0, \infty)$ . Finden Sie eine t-Norm  $t$ , so daß  $(t, s_w, c_w)$  ein duales Tripel ist.

**Aufgabe 2.2: Symmetrische Relationen** (2 Punkte)

Es seien  $P$  und  $Q$  symmetrische Relationen über  $X \times X$ , d. h. es gelte  $P(x, y) = P(y, x)$  und  $Q(x, y) = Q(y, x)$ . Ist dann auch  $R = P \circ Q$  symmetrisch, wenn  $\circ$  die max-min-Komposition ist?

**Aufgabe 2.3: Domain und Range** (2 Punkte)

Gegeben seien  $X = \{1, \dots, 100\}$ ,  $Y = \{50, \dots, 100\}$  und die Relation  $R(X, Y)$  mit

$$R(x, y) = \begin{cases} 1 - \frac{x}{y} & \text{falls } x \leq y \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}.$$

Berechnen Sie  $\text{dom } R$  und  $\text{ran } R$ .

**Aufgabe 2.4: max-min-Komposition** (2 Punkte)

Gegeben seien die Mengen  $X = \{2, 5, 10\}$ ,  $Y = \{1, 2, 5, 10\}$ ,  $Z = \{1, 5, 10, 20\}$ , sowie die Relationen  $P(X, Y)$  (für „ $x$  ist größer als  $y$ “) und  $Q(Y, Z)$  (für „ $y$  ist ungefähr gleich  $z$ “) mit folgenden Zugehörigkeitsmatrizen:

$P$		1	2	5	10
2		0.9	0.5	0.1	0
5		1	0.9	0.5	0.1
10		1	1	0.9	0.5

$Q$		1	5	10	20
1		1	0.1	0	0
2		0.9	0.2	0	0
5		0.1	1	0.5	0.1
10		0	0.2	1	0.3

Berechnen Sie die Zugehörigkeitsmatrix der Relation  $R(X, Z) = P(X, Y) \circ Q(Y, Z)$ , wobei  $\circ$  für die min-max-Komposition steht. Diskutieren Sie kurz, ob sich die resultierende Relation  $R$  sinnvoll als „ $x$  ist größer als  $z$ “ interpretieren läßt.

### **Aufgabe 2.5: Modellierung: Fuzzy Inferenz (4 Punkte)**

Geerntete Äpfel sollen in Qualitätsklassen eingeteilt werden, um ihnen einen geeigneten Verwendungszweck zuzuordnen. Hochwertige Äpfel können beispielsweise als Tafeläpfel verkauft, optisch minderwertige der Apfelsaftproduktion zugeführt werden. Modellieren Sie durch eine Fuzzy-Inferenz eine Klassifikation von Äpfeln in Qualitätsklassen.

- a) Die Qualität soll anhand der Größe und der Form bestimmt werden. Modellieren Sie die Zugehörigkeitsfunktion für die linguistische Variable „Größe“ für die drei linguistischen Terme „klein“, „mittel“ und „groß“. Modellieren sie außerdem eine Zugehörigkeitsfunktion für die linguistische Variable „Form“ und ihre Terme „rund“ und „unregelmäßig“.
- b) Stellen Sie ein IF-THEN-Regelsystem auf, das in Abhängigkeit der linguistischen Terme für Größe und Form einen linguistischen Term der Qualität impliziert. Ein Beispiel einer Regel könnte sein:  
IF Größe = mittel AND Form = rund THEN Qualität = sehr gut

### **Aufgabe 2.6: Programmieraufgabe: Fuzzy Inferenz (10 Punkte)**

Programmieren Sie die Modellierung aus Aufgabe 2.5.

- a) Implementieren Sie geeignete Datenstrukturen für linguistische Variablen und IF-THEN-Regelmengen für zwei Eingabevariablen und eine Ausgabevariable. Beschreiben Sie die Datenstrukturen kurz.
- c) Implementieren Sie eine Funktion für die Fuzzy-Inferenz für zwei Eingabevariablen und eine Ausgabevariable. Es soll max-min-Inferenz nach dem FITA-Prinzip angewandt werden. Die Funktion soll für zwei scharfe Eingabewerte die lokale Inferenz bzgl. einer gegebenen IF-THEN-Regelmenge durchführen und die aggregierte Fuzzy-Menge der Ausgabevariablen zurückgeben. Auf Defuzzifizierung kann jetzt noch verzichtet werden.
- c) Wählen Sie fünf scharfe Eingabepaare für Größe und Form. Demonstrieren Sie die korrekte Funktionsweise Ihrer Fuzzy-Inferenz durch die Protokollierung der Ausgabe-Fuzzy-Mengen.

### **Aufgabe 2.7: Fragen?**

Notieren Sie konkrete Fragen oder Bemerkungen über den Vorlesungsstoff, den Sie nicht verstanden haben oder über weitergehende Aspekte der CI.

---

Aufgabe 2.6 kann bis zum 20.11.2006 bearbeitet werden. Bearbeitungen der übrigen Aufgaben bis 13.11.2006, 12.00 Uhr an Nicola Beume (nicola.beume@udo.edu; OH14, Raum 233). Schicken Sie den Programmcode per E-Mail. Informationen zu den Übungen finden Sie unter <http://ls11-www.cs.uni-dortmund.de/people/beume/CI-ws0607/index.jsp>