

# Tentamen Computationale Intelligentie

## Universiteit Leiden – Informatica

### Vrijdag 9 Januari 2015

Geef korte, maar wel volledige uitleg; het volstaat niet om slechts een eindantwoord op te schrijven. Weet je één opgave niet, ga dan verder met de volgende. Elke deelopgave levert een halve punt op. Bij dit tentamen mag een rekenmachine gebruikt worden. Veel succes!

#### Opgave 1. Python

Gegeven is de volgende (slechte) Python code:

```
1. class Record:
2.     def __init__ ( self, name, year ):
3.         self.name = name
4.         self.year = year
5. people = \
6.     [ Record ( "Jan", 1994), Record ( "Klaas", 1984 ), Record ( "Leontien", 1989 ) ]
7. for year in [2010,2012]:
8.     total = 0
9.     for r in people:
10.         total = total + year - r.year
11.     print total
12. print max(people, key = lambda r: r.year).name
```

`max(iterable,key)` is een functie die het maximum bepaalt in een lijst `iterable`, waarbij `key` de functie is die toegepast wordt op elk element in de lijst om te bepalen welke getalswaarde het element heeft.

- a. Geef de uitvoer van dit programma.
- b. Vervang regel 8-11 door één regel die gebruik maakt van de `sum` functie en list comprehension.
- c. Herschrijf regel 12 zodat gebruik gemaakt wordt van de `reduce` functie.

#### Opgave 2. Logica

Bewijs door middel van natuurlijke deductie:

- a.  $p \models q \rightarrow (p \vee r)$  b.  $p \vee q, p \rightarrow \neg q \models \neg p \vee \neg q$
- c. Zet de volgende formule om in CNF; schrijf ze daarbij zo simpel mogelijk:  $(p \vee q) \rightarrow (\neg r \wedge \neg q)$
- d. Bewijs door middel van resolutie:  $(p \vee q \vee r), (\neg p \vee q), (\neg r \vee q), (t \vee \neg q) \models t$
- e. Geef een interpretatie over universum  $\mathcal{U} = \{1, 2\}$  die de volgende formule over predicaatsymbolen  $\mathcal{P} = \{P/2, Q/1\}$  en functiesymbool  $\mathcal{F} = \{a/0\}$  waar maakt:  
 $\exists x \exists y P(x, y) \wedge Q(x) \wedge Q(y) \wedge P(x, a)$

#### Opgave 3. Solvers

- a. Gegeven zijn de volgende constraints:  $x, z \in \{0, 1, 2\}, y \in \{0, 1\}, x + y \geq 2, x + z \leq 1$ . Een CP systeem voert *propagatie* uit op deze constraints. Geef aan wat het resultaat van propagatie op deze constraints kan zijn. Geef daarbij tussenstappen.

We bekijken het volgende probleem. Door middel van een graaf stellen we een plattegrond voor met  $n$  plaatsen (knopen) en wegen tussen deze plaatsen. Het vestigen van een onderhoudsservice in plaats  $i$  kost  $p_i$  euro, met  $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ . We willen met zo laag mogelijke kosten ervoor zorgen dat elke weg grenst aan een plaats met een onderhoudsservice.

- b. Geef een representatie van dit probleem in een integer lineair programma.

We bestuderen nu een uitbreiding van het bovenstaande probleem, waarin voor elke plaats  $i$  gekend is hoeveel het onderhoud van de aangrenzende weg  $j$  kost: constante  $w_{ij}$  geeft aan wat de kosten in euro's zijn voor het onderhoud van weg  $j$  vanuit plaats  $i$ . Het is hierbij mogelijk dat het onderhoud vanuit één aangrenzende plaats goedkoper is dan vanuit de andere. Als beide plaatsen die grenzen aan een weg een onderhoudsservice hebben, nemen we aan dat het onderhoud plaats vindt vanuit die plaats van waaruit het onderhoud het goedkoopst uitgevoerd kan worden. We willen de som van de kosten voor het vestigen van een onderhoudsservice en het onderhoud van de wegen minimaliseren.

- c. Geef een representatie van dit probleem in een constraint program.

**Opgave 4. Fuzzy Logic**

- a. Laat zien dat de  $t$ -norm  $T(a, b) = \max(0, a + b - 1)$  associatief is. Ter herinnering:  $a$  en  $b$  zijn membership waarden in het bereik  $0 \leq a, b \leq 1$ .

Gegeven zijn de volgende drie Fuzzy sets over domein  $X = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ :  $A = \sum_{x \in X} \mu_A(x)/x$ ,  $B = \sum_{x \in X} \mu_B(x)/x$  en  $C = \sum_{x \in X} \mu_C(x)/x$ . met  $\mu_A(x) = \max(0, 1 - \frac{1}{2}x)$ ,  $\mu_B(x) = \min(\frac{1}{2}x, 2 - \frac{1}{2}x)$  en  $\mu_C(x) = \max(0, -1 + \frac{1}{2}x)$ .

- b. Teken deze fuzzy sets.

- c. Gegeven zijn de volgende *crisp* sets:  $C = \{b, c\}$  en  $D = \{a, d\}$  over het universum  $\{a, b, c, d\}$ . Met behulp van deze verzameling maken we het volgende Mamdani systeem:

- als  $x$  is  $A$  dan  $y$  is  $C$
- als  $x$  is  $B$  dan  $y$  is  $D$
- als  $x$  is  $C$  dan  $y$  is  $C$

Bepaal de membershipfunctie van de fuzzy relatie tussen  $x$  en  $y$  berekend door dit systeem.

**Opgave 5. Evolutionaire Algoritmen en Swarm Intelligence**

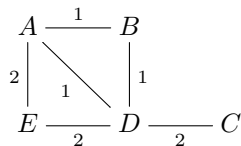
- a. Bepaal de PMX crossover van de volgende permutaties, waarbij het segment dat gebruikt moeten worden aangegeven is:

$$\begin{array}{c|c|c} 12 & 345 & 67 \\ \hline 51 & 467 & 23 \end{array}$$

- b. We willen het handelsreizigersprobleem, waarin we zoeken naar een zo kort mogelijke tour langs alle plaatsen in een graaf, oplossen door middel van evolutionaire algoritmen. Geef aan of PMX crossover hiervoor geschikt is, of beschrijf een geschiktere crossover operator.

- c. Beschrijf op hoofdlijnen hoe genetic programming één generatie genereert op basis van een vorige generatie.

- d. Gegeven is de volgende graaf:



Pas twee iteraties toe van het algoritme voor Ant Colony Optimisation (zoals besproken op het college) om in deze graaf het kortste pad te vinden van  $A$  naar  $C$ . Hierbij is voor elke tak de afstand gegeven. Er mag aangenomen worden dat voor elke knoop (met uitzondering van  $D$ ) er bovendien een tak met afstand 10 naar knoop  $C$  is, maar deze tak mag alleen gekozen worden als de mier naar geen andere knoop toe kan. Daarnaast moet aangenomen worden dat op alle bogen initieel 1 pheromoon ligt. Neem aan dat  $\alpha = 1$  (invloed van pheromonen op de kansberekening),  $Q = 1$ ;  $\rho = \frac{1}{2}$  (verdamping); er zijn 2 mieren. Wanneer het algoritme een willekeurige keuze moet maken voor een knoop, moet de laagst mogelijke knoop in het alfabet gekozen worden. Geef duidelijk tussenstappen aan; geef met name aan met welke kansen mieren bogen kiezen.