

Oefententamen IN2205 Kennissystemen

21 december 2006

Dit tentamen heeft het doel je kennis en begrip van Michael Negnevitsky, *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems* te testen. Het heeft 26 vragen voor in totaal 52 punten. Het cijfer wordt zó berekend dat als je de multiple-choicevragen slechts willekeurig invult het verwachte cijfer 1 is.

Het is niet toegestaan het boek te gebruiken tijdens het tentamen. Schrijf voor de **multiple-choice**vragen de letter met het beste antwoord op een apart blad papier. Je mag op de **open** vragen antwoorden in het Nederlands of het Engels. Geef geen irrelevante informatie in je antwoorden; hiervoor worden namelijk punten afgetrokken.

Antwoord: “Irrelevant information” is information that is either not true, or not relevant to the question even if the student appears to believe it is. This does not include saying the same (relevant) thing a number of times. If one or more sentences are fully irrelevant, such information is to be marked down at 1 point per 20 words, and indicated by a negative number in the margin. No negative points can be given, so if an answer contains solely irrelevant information, then it will earn the student 0 points.

Multiple-choicevragen

Opgave 1

1 punt

Alan Turing heeft zich met machine intelligentie beziggehouden. Wat was in dit verband de essentiële vraag die Turing zich stelde (1950):

- A. Kunnen machines denken?
- B. Kunnen machines intelligent zijn?
- C. Kunnen machines beslissingen nemen?
- D. Kunnen machines een gedragstest voor intelligentie doorstaan?

Antwoord: (p. 2) Kunnen machines een gedragstest voor intelligentie doorstaan?

Opgave 2

1 punt

Welke uitspraak is waar?

- A. Expertsystemen kunnen beter generaliseren dan mensen.
- B. In expertsystemen zijn de kennis en het redeneren daarover gescheiden.
- C. Allebei.
- D. Geen van beide.

Antwoord: In expertsystemen zijn de kennis en het redeneren daarover gescheiden.

Opgave 3

1 punt

In de volgende regel:

ALS 'leeftijd van de klant' < 18

EN 'op te nemen bedrag' > € 1000

DAN 'handtekening van ouder' is verplicht

Wat zijn de taalkundige objecten (*linguistic objects*)?

- A. '18', '€ 1000' en 'verplicht'.
- B. 'ALS', 'EN' en 'DAN'.
- C. 'EN'.
- D. 'leeftijd van de klant', 'op te nemen bedrag' en 'handtekening van ouder'.

Antwoord: (p. 27) 'leeftijd van de klant', 'op te nemen bedrag' en 'handtekening van ouder'.

Opgave 4

1 punt

Wat is een verschil tussen het gebruik van kansrekening en het gebruik van *fuzzy logic* om onzekerheid te modelleren?

- A. Kansrekening kwantificeert waarheid; fuzzy logic kwantificeert zekerheid.
- B. Kansrekening kwantificeert zekerheid; fuzzy logic kwantificeert onzekerheid.
- C. Kansrekening kwantificeert schoonheid; fuzzy logic kwantificeert aaibaarheid.
- D. Kansrekening kwantificeert zekerheid; fuzzy logic kwantificeert waarheid.

Antwoord: Kansrekening kwantificeert zekerheid; fuzzy logic kwantificeert waarheid.

Opgave 5

1 punt

In een regelgebaseerd kennissysteem kunnen we kansrekening of *certainty factors* gebruiken om onzekerheid te modelleren. Welke uitspraak klopt?

- A. Certainty factors bieden mogelijkheid om een oorzaak voor een feit weg te redeneren als een andere mogelijke oorzaak waar is.
- B. Certainty factors zijn waarden tussen 0 en 1.
- C. Allebei.
- D. Geen van beide.

Antwoord: Geen van beide.

Opgave 6

1 punt

Gegeven: $P(A) = 0.8$, $P(B) = 0.5$, $P(B|A) = 0.3$. Wat is $P(A|B)$?

- A. 0.48.
- B. 0.5.
- C. 0.8.
- D. Het goede antwoord staat er niet bij.

Antwoord: $P(A|B) = 0.48$

Opgave 7

1 punt

Hoe leert een regelgebaseerd kennissysteem?

- A. We passen de redeneeralgoritmen in de database aan.
- B. We passen de redeneeralgoritmen in de *inference engine* aan.
- C. We passen de regels in de *knowledge base* aan.
- D. We passen de regels in de *explanation facility* aan.

Antwoord: We passen de regels in de *knowledge base* aan.

Opgave 8

1 punt

Stel, we hebben een fuzzy verzameling van mensen die *tall* zijn met *membership function* $\mu_A(x)$. Hoe definiëren we de *membership function* van de verzameling van mensen die *very tall* zijn?

- A. $\mu_A^{very}(x) = \mu_A(x)^2$
- B. $\mu_A^{very}(x) = 2\mu_A(x)$
- C. $\mu_A^{very}(x) = \sqrt{\mu_A(x)}$
- D. $\mu_A^{very}(x) = \frac{1}{2}\mu_A(x)$

Antwoord: $\mu_A^{very}(x) = \mu_A(x)^2$

Opgave 9

1 punt

Wat is een gebruikelijke manier om de intersectie van twee fuzzy verzamelingen te definiëren?

- A. $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$
- B. $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) - \mu_B(x) + \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$
- C. Allebei.
- D. Geen van beide.

Antwoord: $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$

Opgave 10

1 punt

We hebben een regel:

ALS x is $A2$
OF y is $B3$
DAN z is $C1$

Stel $\mu_{A1}(x) = 0.3$, $\mu_{A2}(x) = 0.6$, $\mu_{A3}(x) = 0.9$, $\mu_{B1}(y) = 0.7$, $\mu_{B2}(y) = 0.5$, $\mu_{B3}(y) = 0.2$. We gebruiken de *probor*-methode. Wat is $\mu_{C1}(z)$?

- A. 0.2
- B. 0.6
- C. 0.8
- D. Het goede antwoord staat er niet bij.

Antwoord: 0.68: Het goede antwoord staat er niet bij.

Opgave 11

1 punt

Wat is een WHEN CHANGED-methode in een frame-based systeem?

- A. Een methode die wordt aangeroepen als de naam van de superclass wijzigt.
- B. Een methode die wordt aangeroepen als een rule vuurt en de consequent aan de database wordt toegevoegd.
- C. Een methode die wordt aangeroepen als de waarde van een attribuut wijzigt.
- D. Het goede antwoord staat er niet bij.

Antwoord: Een methode die wordt aangeroepen als de waarde van een attribuut wijzigt.

Opgave 12

1 punt

We leren een neurale netwerk de XOR-functie met behulp van backpropagation. Is dit een voorbeeld van *unsupervised learning*?

- A. Nee, we bieden immers een input en een gewenste output aan.
- B. Ja, we bieden immers alleen een input en een gewenste output aan.
- C. Ja, we stellen immers niet handmatig de gewichten in.
- D. Nee, we stellen immers handmatig de gewichten in.

Antwoord: Nee, we bieden immers een input en een gewenste output aan.

Opgave 13

1 punt

Wat voor scheiding legt een perceptron aan?

- A. Een n -dimensionale input wordt verdeeld in een aantal fuzzy gebieden, die de output bepalen.
- B. Een hypervlak definieert de grens tussen inputs die worden afgebeeld op +1 en -1.
- C. De output behorend bij de voorbeeldvector met de kleinste Euclidische afstand wordt gekozen.
- D. Het goede antwoord staat er niet bij.

Antwoord: Een hypervlak definieert de grens tussen inputs die worden afgebeeld op +1 en -1.

Opgave 14

1 punt

Waarom wordt de middelste laag van een multilayer neuraal netwerk "hidden" genoemd?

- A. De gewichten van de middelste laag moeten proefondervindelijk worden vastgesteld door de knowledge engineer.
- B. De middelste laag kan tegelijkertijd in meerdere states zijn.
- C. De middelste laag verbergt zijn verlangde output.
- D. Vanwege het onzekerheidsprincipe van Heisenberg kunnen óf de gewichten, óf de input en output worden geobserveerd, maar niet allebei.

Antwoord: (p. 176) De middelste laag verbergt zijn verlangde output.

Opgave 15

1 punt

Bij backpropagation training wordt de zgn. error gradients in de output layer teruggepropageerd naar de hidden layers. Voor de error gradient $\delta_k(p)$ van de k -de neuron in de output layer geldt (e_k is de fout in het k -de output neuron, y_k is de output van het k -de output neuron, p is een iteratienummer):

- A. $\delta_k(p) = y_k(p)e_k(p)$.
- B. $\delta_k(p) = y_k(p)[1 - y_k(p)]e_k(p)$.
- C. $\delta_k(p) = y_k(p)[1 + y_k(p)]e_k(p)$.
- D. $\delta_k(p) = [1 - y_k(p)]e_k(p)$.

Antwoord: (p. 179) $\delta_k(p) = y_k(p)[1 - y_k(p)]e_k(p)$.

Opgave 16

1 punt

Waarvoor staat de constante α in $w_i(p+1) = w_i(p) + \alpha \times x_i(p) \times e(p)$?

- A. De *threshold*, een positieve constante groter dan 1.
- B. De *threshold*, een positieve constante kleiner dan 1.
- C. De *learning rate*, een positieve constante groter dan 1.
- D. De *learning rate*, een positieve constante kleiner dan 1.

Antwoord: De *learning rate*, een positieve constante kleiner dan 1.

Opgave 17

1 punt

Wat is **niet** een correcte reden waarom de Sigmoidfunctie wordt gebruikt in kunstmatige neurale netwerken?

- A. De functie is continu.
- B. De functie is gemakkelijk integreerbaar.
- C. De functie is symmetrisch in de y -as.
- D. Alledrie zijn correcte redenen.

Antwoord: De functie is symmetrisch in de y -as. (Want de functie is niet symmetrisch).

Opgave 18

1 punt

Wat is een Hopfieldnetwerk (*recurrent neural network*)?

- A. Een netwerk dat een hoogdimensionale input afbeeldt op een lagerdimensionale output.
- B. Een netwerk met meer dan vijf verborgen lagen.
- C. Een netwerk waarvan de output wordt gebruikt als input tot ze hetzelfde zijn.
- D. Een netwerk waarvan voor één input telkens één neuron wint.

Antwoord: Een netwerk waarvan de output wordt gebruikt als input tot ze hetzelfde zijn.

Opgave 19

1 punt

In een Hopfield netwerk van 5 neuronen moeten de volgende toestanden stabiel zijn:

$$Y_1^T = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]; T_2^T = [1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1]; Y_3^T = [-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1]$$

Voor de gewichten w_{11}, w_{21}, w_{31} geldt:

- A. $w_{11} = 3, w_{21} = -1, w_{31} = 0$.
- B. $w_{11} = 0, w_{21} = 3, w_{31} = -1$.
- C. $w_{11} = 0, w_{21} = -1, w_{31} = 3$.
- D. $w_{11} = 0, w_{21} = 3, w_{31} = 3$.

Antwoord: $w_{11} = 0, w_{21} = -1, w_{31} = 3$.

De gewichten matrix volgt uit $\mathbf{W} = \sum_{m=1}^M \mathbf{Y}_m \mathbf{Y}_m^T - M\mathbf{I}$.

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1] + \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} [1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1] +$$

$$\begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} [-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1] - \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & \dots \\ 1 & \dots \\ 1 & \dots \\ \vdots & \ddots \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & \dots \\ -1 & \dots \\ 1 & \dots \\ \vdots & \ddots \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & \dots \\ -1 & \dots \\ 1 & \dots \\ \vdots & \ddots \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 0 & \dots \\ -1 & \dots \\ 3 & \dots \\ \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

Opgave 20

1 punt

Hoe werkt de *crossover operator* in een genetisch algoritme?

- A. De eerste n bits uit het ene chromosoom wordt gebruikt en de rest komt uit het andere chromosoom.
- B. Er wordt willekeurig bepaald welke bits uit welk chromosoom komen.
- C. Allebei zijn mogelijk.
- D. Geen van beide is mogelijk.

Antwoord: Allebei zijn mogelijk.

Open vragen

Opgave 21

8 punt

Stel, we hebben een knowledge base met de volgende regels:

Regel 1: $A \wedge B \Rightarrow C$

Regel 2: $Q \Rightarrow D$

Regel 3: $D \wedge E \wedge F \Rightarrow A$

Regel 4: $G \Rightarrow R$

Regel 5: $R \wedge S \Rightarrow H$

In de database komen de volgende feiten voor:

B

E

F

G

Q

- (a) (3 punten) Laat zien hoe *forward chaining* op deze kennis werkt. Geef per *cycle* aan welke regels vuren en hoe de database daarmee verandert.

Antwoord: Per cycle:

1. Database: B, E, F, G, Q
Regels 2 en 4 vuren.
2. Database: B, D, E, F, G, Q, R
Regel 3 vuurt.
3. Database: A, B, D, E, F, G, Q, R
Regel 1 vuurt.
4. Database: $A, B, C, D, E, F, G, Q, R$

- (b) (3 punten) Laat zien hoe *backward chaining* op deze kennis werkt beginnend met doel C . Geef aan welke feiten op de stack worden geplaatst en hoe de database verandert.

Antwoord:

1. Database: $\{B, E, F, G, Q\}$
Stack: C
Regel: 1
2. Database: $\{B, E, F, G, Q\}$
Stack: $A, (B), C$
Regel: 3

3. Database: $\{B, E, F, G, Q\}$
Stack: $D, (E), (F), A, C$
Regel: 2
4. Database: $\{B, E, F, G, Q\}$
Stack: $(Q), D, A, C$
Terug uit de recursie...
5. Regel 2 vuurt
Database: $\{B, E, \mathbf{D}, F, G, Q\}$
Stack: A, C
6. Regel 3 vuurt
Database: $\{\mathbf{A}, B, D, E, F, G, Q\}$
Stack: C
7. Regel 1 vuurt
Database: $\{A, B, \mathbf{C}, D, E, F, G, Q\}$

(c) (2 punten) In wat voor situatie zou je *forward chaining* gebruiken en geen *backward chaining*?

Antwoord:

- als de expert die kant op redeneert.
- analyse in plaats van diagnose.
- Als je doorlopend consistentie wilt controleren. Slechts 1 punt voor “nieuwe feiten vinden”.

Opgave 22

4 punten

Om een fuzzy uitkomst van een fuzzy kennissysteem om te zetten naar een *crisp* uitkomst kunnen we *Sugeno inference* gebruiken. Leg slechts in grafieken uit hoe dit werkt. Er hoeven geen eenheden langs de horizontale as te staan.

Antwoord: Ik verwacht in vier grafieken als op bladzijde 113 van het boek onder “Aggregation of rule consequents”. Drie onderdelen:

- 1 punt: drie waarden afleiden;
- 2 punten: drie spikes in één grafiek;
- 1 punt: crisp output.

Geen spikes betekent geen punten. In plaats van om plaatjes zou ik ook om berekeningen kunnen vragen!

Opgave 23

6 punten

Fuzzy sets vormen een generalisatie van *crisp sets*. Operaties op fuzzy sets kunnen worden uitgedrukt met *membership functions*. Membership van verzamelingen A en B wordt uitgedrukt als respectievelijk $\mu_A(x)$ en $\mu_B(x)$.

(a) (2 punten) Druk de membership function van $\neg A$, oftewel $\mu_{\neg A}(x)$ uit als functie van $\mu_A(x)$.

Antwoord: (p. 98)

$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

Antwoorden met \neg als aritmetische operator zijn fout.

- (b) (4 punten) De AND-operatie van A en B wordt vaak gedefinieerd als

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \times \mu_B(x). \quad (1)$$

Hoe is dan de OR-operatie gedefinieerd? Geef een afleiding. Hint: je kunt gebruik maken van het antwoord op vraag (a).

Antwoord: We gebruiken De Morgan.

$$\begin{aligned} \mu_{A \cup B}(x) &= \mu_{\neg(\neg A \cap \neg B)}(x) \\ &= 1 - \mu_{\neg A \cap \neg B}(x) \\ &= 1 - \mu_{\neg A}(x) \times \mu_{\neg B}(x) \\ &= 1 - (1 - \mu_A(x)) \times (1 - \mu_B(x)) \\ &= \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x) \end{aligned}$$

1 punt voor alleen de uitkomst. Vermelding van de corresponderende *min-max*-definitie is irrelevante informatie die incorrect is als $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \times \mu_B(x)$. Hiervoor wordt 1 punt afgetrokken.

2 punten voor een (grafische) uitleg waarom $\mu_A(x)\mu_B$ wordt afgetrokken, maar niet waarom $\mu_A(x) + \mu_B(x)$. Plaatjes van crisp sets zijn leuk, maar niet erg zinvol in dit verband.

Opgave 24

4 punten

Leg in een paar zinnen uit hoe het leren in een neurale netwerk kan worden versneld door

- (a) (2 punten) het introduceren van een *momentum term*;

Antwoord: De aanpassing van het gewicht in de vorige iteratie wordt meegenomen. Dit heeft een stabiliserend effect op de training.

- (b) (2 punten) het dynamisch aanpassen van de *learning rate*.

Antwoord: Als de verandering van de squared error lange tijd hetzelfde teken heeft, kan de learning rate omhoog. Als echter het netwerk instabiel is, en de verandering van de squared error oscilleert, moet de learning rate omlaag.

Dat de learning rate zou moeten worden verkleind als de error kleiner is, als de output dichter bij de gewenste output ligt, is emphatisch fout.

Opgave 25

4 punten

- (a) (2 punten) Geef aan onder welke omstandigheden een neurale netwerk een goede oplossing voor een probleem is.

Antwoord:

- Mogelijke taken zijn voorspellen, classificatie, clustering.
- Neurale netwerken zijn heel algemene modellen, kunnen iedere functie leren.
- Binaire en continue data.
- Kennis van domein niet beschikbaar of erg complex.

- Er moeten (veel) voorbeelden beschikbaar zijn, voor feedforward netwerken moet voor ieder van deze voorbeelden de juiste uitkomst bekend zijn.
- Ontbreken van data, ruis in data is geen probleem.

(b) (2 punten) Wat zijn de nadelen van neurale netwerken.

Antwoord:

- Juiste netwerkstructuur onduidelijk.
- Gevaar van overtrainen.
- Gevoelig voor locale maxima.
- Een neuraal netwerk is een black box. Het is niet duidelijk hoe een netwerk van inputs naar outputs komt.

Opgave 26

6 punten

Beschrijf hoe men m.b.v. genetische algoritmen het maximum kan bepalen van de functie $f(x) = 15x - x^2$, waarbij een x in integer voorselt in het domein $[0, 15]$. Behandel achtereenvolgens kort de volgende onderwerpen:

- (1 punt) Representatie van x als chromosoom.
- (1 punt) Beginpopulatie van chromosomen.
- (1 punt) Fitness functie.
- (1 punt) Keuze van chromosomenparen voor genetische manipulatie.
- (1 punt) Cross-over, mutatie.
- (1 punt) Nieuwe populatie.

Antwoord: Zie pagina 224 van het boek.

Einde van het tentamen

Controleer voor de zekerheid of je alle vragen hebt beantwoord. Het zouden er 26 moeten zijn.