

Dit tentamen duurt 3 uur. Er zijn 20 vragen, waarvan 4 open vragen en 16 meerkeuze.

Het is verboden literatuur, aantekeningen, een programmeerbare rekenmachine, of een telefoon te gebruiken. Het gebruik van een niet-programmeerbare rekenmachine is toegestaan.

Het invullen van de tabellen op het antwoordenblad is verplicht.

Veel succes!

Open vragen

Elk antwoord op een open vraag dient te zijn voorzien van een uitwerking, dat wil zeggen, van een gemotiveerde berekening. Van opgaven 2 en 4 dient het antwoord te worden ingevuld op het antwoordenblad.

1. De zg. *squash-functie* zorgt ervoor dat de uitvoer van een perceptron in een niet-lineair netwerk wordt afgevlakt naar waarden in een begrens interval.

(a) Teken deze functie. Geef het domein, het bereik en een functie-voorschrift. **Antw.** $f : \mathbb{R} \rightarrow (0, 1) : x \mapsto 1/(1 + e^{-x})$.

(b) Bereken de afgeleide van de squash-functie. Laat zien dat de afgeleide over een handige eigenschap beschikt die de afgeleide geschikt maakt voor terugpropagatie. **Antw.** $f'(x) = ((1 + e^{-x})^{-1})' = -(1 + e^{-x})^{-2} \cdot e^{-x} \cdot -1 = \dots = f(x)(1 - f(x))$.

Een handige eigenschap van f is dat zijn afgeleide gelijk is aan $f(1 - f)$. Hierdoor zijn er alleen significante aanpassingen in een netwerk als $f(x)$ ver van zowel 0 als 1 af zit, want weer betekent dat er alleen significante aanpassingen zijn voor matige waarden van x , i.e., $|x|$ niet al te groot.

2. Gegeven is een 1-dimensionaal Kohonen netwerk met buurfunctie

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{als } |x - y| = 0, \\ 1/2 & \text{als } |x - y| = 1, \\ 0 & \text{anders.} \end{cases}$$

Het netwerk ligt in \mathbb{R}^2 zoals weergegeven in Fig. 2 in de bijlage.

Bepaal de ligging van dit netwerk na updates met de volgende drie voorbeelden, waarbij de leerfactor, α , gelijk aan 1.0 is. (Het getal 1.0 als leerfactor is ongebruikelijk maar wordt hier wel bedoeld.) Schrijf de tussenresultaten van je berekening op in de tabel op je antwoordenblad.

Voorbeeld 1: (1, 4). Voorbeeld 2: (2, 3). Voorbeeld 3: (0, 1). De voorbeelden worden aangeboden in deze volgorde. **Antw.**

	A	B	C	D
0.	(2, 4)	(3, 3)	(4, 2)	(3, 1)
Na Voorbeeld 1.	(1, 4)	(2, 3.5)	-	-
Na Voorbeeld 2.	(1.5, 3.5)	(2, 3)	(3, 2.5)	-
Na Voorbeeld 3.	(0.75, 2.25)	(0, 1)	(1.5, 1.75)	-

3. Gegeven is een reinforcement leerprobleem. De toestandengraaf van dit probleem is weergegeven in Fig. 4 in de bijlage. De verdisconteringsfactor, γ , bedraagt 0.5. Voor niet-terminale toestanden S is de policy $\Pi(p)$ gegeven als volgt

$$\Pi(p) : \begin{cases} \Pr(T, \text{actie}, S) = p & \text{als } T = E, \\ \Pr(T, \text{actie}, S) = 1 - p & \text{anders.} \end{cases}$$

Bepaal de waarden van alle toestanden voor de volgende policies.

- (a) $\Pi(0.0)$. **Antw.** Door een fout in de vraagstelling (“ $T = E$ ” moest zijn “ $S \neq E$ ”) verschillen de kansen in de vraagstelling en het toestandendiaagram. Nemen we $p = 0$ in de vraag dan geldt

$$\begin{cases} V(A) = 2 + 0.5V(B) \\ V(B) = 4 + 0.5V(A) \\ V(E) = 0 \end{cases}$$

Oplossen levert $V(A) = 16/3$, $V(B) = 20/3$.

Nemen we $p = 0$ in het toestandendiaagram, dan geldt meteen $V(A) = 3$ en $V(B) = 5$. Beide antwoorden worden goed gerekend.

- (b) $\Pi(0.5)$. **Antw.** Omdat $p = 0.5$ maakt de omwisseling van kansen niet meer uit. Er geldt

$$\begin{cases} V(A) = 0.5(2 + 0.5V(B)) + 0.5(3 + 0.5V(E)) \\ V(B) = 0.5(4 + 0.5V(A)) + 0.5(5 + 0.5V(E)) \\ V(E) = 0 \end{cases}$$

Oplossen levert $V(A) = 3.9$, $V(B) = 5.5$.

4. Gegeven is een reinforcement leerprobleem. De toestandengraaf van dit probleem is weergegeven in Fig. 3 in de bijlage. De verdisconteringsfactor, γ , bedraagt 1.0.

Er worden twee runs uitgevoerd, resulterend in Epoch 1 = A, B, C, T_2 en Epoch 2 = A, B, C, A, B, T_1 . De immediate rewards staan afgebeeld in Fig. 3. Bij beide berekeningen mag je er van uitgaan dat alle toestanden de beginwaarde nul hebben.

- (a) Bepaal de waarden van alle knopen na Monte-Carlo sampling. **Antw.** De vraag liet in het midden of er opbrengsten first-visit of opbrengsten every-visit werden gevraagd. Er is een verschil tussen opbrengsten first-visit en opbrengsten every-visit. Voorzover meer dan één visit is, staan de opbrengsten van de latere visits tussen haakjes. Omdat de vraag in het midden laat wat er precies wordt verlangd, worden beide antwoorden goed gerekend. De eindwaarden 3 en 4 voor resp. A en B zijn zowel geldig voor first-visit $((6 + 0)/2, (7 + 1)/2)$ als every-visit $((6 + 0 + 3)/3, (7 + 1 + 4)/3)$.

	A	B	C	T_1	T_2
0.					
Epoch 1.	6	7	8		0
Epoch 2.	0 (3)	1 (4)	2	0	
Eindwaarde.	3	4	5	0	0

- (b) Bepaal de waarden van alle knopen na temporal difference learning met leerfactor $\alpha = 0.5$. **Antw.**

	A	B	C	T_1	T_2
0.					
Epoch 1.	-0.5	-0.5	4		0
Epoch 2.	-0.375	2.625	1	0	
Eindwaarde.	-0.375	2.625	1	0	

Meerkeuze vragen

Bij elke meerkeuzevraag is steeds precies één antwoord het juiste. Wel kunnen andere antwoorden “bijna juist” of “deels juist” zijn. Mochten er meerdere goede antwoorden zijn, dan geldt het beste antwoord. Omdat er verschillende versies van de opgaven bestaan, correspondeert de volgorde van de opgaven niet altijd met de volgorde van de stof zoals die behandeld is in de colleges.

1. Het schaduwlemma voor chaotische systemen kan informeel als volgt worden geformuleerd:

- ✓ Alle berekende trajecten worden geschaduwd door reële trajecten.
- (b) Sommige berekende trajecten worden geschaduwd door reële trajecten.
- (c) Alle reële trajecten worden geschaduwd door berekende trajecten.
- (d) Sommige reële trajecten worden geschaduwd door berekende trajecten.

2. Gegeven zijn twee populaties A en B met absolute fitness

$A :$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
Fitness :	3	3	8	1	1	1	3	5	6	3
$B :$	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}
Fitness :	3	5	2	7	2	1	6	9	4	4

Geef $f(a_9, \{b_7, b_8, b_9\})$.

- (a) 0
 - ✓ 1
 - (c) 2
 - (d) 3
3. Het principe van de Rode Koningin gaat over het volgende.
- ✓ In co-evolutie moeten individuen blijven verbeteren om fit te blijven.
 - (b) Bij selectie dient in ieder geval het meest fitte individu meegenomen te worden naar de volgende generatie.
 - (c) In mierenkolonie-optimalisatie is het voordelig bepaalde acties centraal te laten coördineren door een mier met extra kennis, bv. variabelen die de tot dan toe kortste route bijhouden. Het is nutteloos als alle mieren dit doen.
 - (d) Exploratie op feromoon wordt bepaald door de laatste winnaar.
4. Een variant van de Lotka-Volterra vergelijking is de Lotka-Volterra vergelijking met intraspecifieke competitie:

$$\begin{cases} dx/dt = x(a - ex - by) \\ dy/dt = y(-c + dx - fy) \end{cases} \quad (1)$$

Alle variabelen x , y en constanten a, b, \dots zijn groter dan of gelijk aan nul. T.o.v. standaard Lotka-Volterra zijn de termen ex en fy nieuw. Zij drukken de negatieve invloed op de eigen populatiegrootte uit. Geef het aantal stabiele punten van dit stelsel vergelijkingen.

- (a) Nul: een negatieve invloed van eigen populatiegrootte resulteert in uitsterving.

- (b) Twee: $(0, 0)$ en de oplossing (x, y) van het stelsel

$$\begin{cases} ex + by = -a \\ dx - fy = c \end{cases}$$

- (c) Twee of minder: dat hangt van de constanten af.
✓ Het goede antwoord staat er niet bij.

★ Als $a = b = c = d = e = f = 0$ is er geen dynamiek en is elk punt in R^2 stabiel.

5. Beschouw de volgende bewering

“Het handelsreizigerprobleem kan worden opgelost met mierenkolonie-optimalisatie.”

- (a) Deze bewering is waar, immers het is bewezen dat mierenkolonie-optimalisatie PAC-compleet is.
- (b) Deze bewering is waar. Het aantal mogelijke oplossingen is immers begrensd. Alle mogelijkheden worden doorlopen, zodat op een gegeven moment het algoritme de optimale route moet vinden.
- (c) Deze bewering is onwaar. Mierenkolonie-optimalisatie kan alleen maar worden gebruikt om een oplossing te benaderen. Het is immers onbekend of het optimalisatiealgoritme op enig moment al een goede oplossing heeft gevonden.
- ✓ Deze bewering is onwaar. Mierenkolonie-optimalisatie kan alleen maar worden gebruikt om een oplossing te benaderen. Het is mogelijk dat een benadering een oplossing blijkt te zijn. In zo'n geval kan er worden gestopt.

★ Het handelsreizigerprobleem is een ja/nee vraag, bv. “kan een toer korter dan 100KM worden gevonden?”. Op enig moment kan zo'n toer worden gevonden en kan er worden gestopt.

6. Gespeeld wordt een asymmetrisch spel met payoff $R = -5$, $T = 5$, $S = -1$, en $P = -4$ voor Speler 1, en $r = -4$, $t = 10$, $s = 9$, en $p = -2$ voor Speler 2. Geef alle gemixte Nash-equilibria.

- ✓ $(1, 0), (0, 1), (0.23, 0.44)$.
- (b) $(0, 0), (1, 1), (0.23, 0.44)$.
- (c) $(1, 0), (0, 1), (0.17, 0.56)$.
- (d) $(0, 0), (1, 1), (0.17, 0.56)$.

7. Wat is TFT voor een strategie?

- ✓ Als TFT, maar pas vergelden na twee opeenvolgende defects van de tegenstander.
- (b) Als TFT, maar pas de tegenstander kopiëren als deze twee opeenvolgende identieke acties uitvoert.
- (c) Wissel van strategie als de tegenstander in de vorige ronde verzaakte.
- (d) Wissel van strategie als die bij gelijkblijvend gedrag van de tegenstander meer zou opleveren.

8. Waar lijdt, volgens Flake, de niet-spatiële evolutionaire variant van het IPD aan?

- (a) Het experiment is afhankelijk van te veel parameters, zoals het aantal strategieën K , de grootte van de startpopulatie per strategie P_i , $1 \leq i \leq K$, het aantal ronden N , en het aantal episoden E .
- (b) De initiële proportie-keuze van strategieën beïnvloedt de uiteindelijke populatie-proporties. Dat zou niet mogen.

- ✓ Er wordt aangenomen dat elk individu uit elke strategie interacteert met elk individu uit elke andere strategie met gelijke kans. Deze aanname is onrealistisch.
- (d) De variantie van de gemiddelde opbrengst per episode is te groot, zodat de uitkomsten van een willekeurig uitgevoerd experiment insignificant zullen zijn.
9. We bekijken het continuous spatial iterated prisoners dilemma (CSIPD) van Doebeli *et al.*. Welke onderdeel introduceert in dit spel het aspect van continuïteit?
- ✓ Continue kosten- en batenfuncties.
- (b) Een ruimte waarin continue toestand-overgangen mogelijk zijn.
- (c) Het kwantiseren van de (voorheen discrete) deelnemer-populatie op de reële rechte.
- (d) Een rooster waar op deelnemers geen vaste cel bezetten, maar zich vrijelijk kunnen bewegen.
10. We passen kwalitatief gesuperviseerd leren met vector-kwantisatie toe op drie cluster-representanten $A = (1, 177, 0)$, $B = (2, 177, 5)$ en $C = (4, 177, 2)$. Bepaal de bewegingen van deze cluster-representanten als het leervoorbeeld $l = (2, 177, 3) \rightarrow B$ wordt aangeboden.
- (a) Er gebeurt niets.
- ✓ Repr- B beweegt naar l toe.
- (c) Repr- B beweegt naar l toe en Repr- C beweegt van l af.
- (d) Repr- B beweegt naar l toe en Repr- A en Repr- C bewegen van l af.
11. K -means clustering is van nature een batch-leertechniek.
- (i) Maar, als er later voorbeelden bijkomen kan K -means daar wel mee omgaan.
- (ii) Maar, als er later nieuwe cluster-centra bijkomen kan K -means daar wel mee omgaan.
- Met “mee omgaan” bedoelen we dat de convergentie even verstoord zal worden, maar daarna weer zal herstellen tot een nieuw en waarschijnlijk anders optimum.
- ✓ (11i) en (11ii).
- (b) (11i) en niet (11ii).
- (c) niet (11i) en (11ii).
- (d) niet (11i) en niet (11ii).
12. Een equivalente benaming voor “self-organising map” (SOM) is de volgende.
- (a) Meerlaags netwerk van niet-lineaire perceptrons (MLP).
- (b) K -means clustering.
- ✓ Kohonen netwerk.
- (d) Vector-kwantisatie.
13. Welke van de volgende leer-voorbeelden is **niet** lineair separabel?
- (a) $\{(0, 0) \rightarrow -, (0, 1) \rightarrow -, (1, 0) \rightarrow -, (1, 1) \rightarrow +\}$
- (b) $\{(0, 0) \rightarrow -, (0, 1) \rightarrow +, (1, 0) \rightarrow +, (1, 1) \rightarrow +\}$
- ✓ $\{(0, 0) \rightarrow -, (0, 1) \rightarrow +, (1, 0) \rightarrow +, (1, 1) \rightarrow -\}$
- (d) $\{(0, 0) \rightarrow +, (0, 1) \rightarrow -, (1, 0) \rightarrow -, (1, 1) \rightarrow -\}$
14. Bekijk het respons-oppervlak van een meer-lagig perceptron (MLP) in Fig. 1.
- (a) Dit MLP benadert een discrete variant van de NOR-functie.
- ✓ Dit MLP benadert een discrete variant van de XOR-functie.
- (c) Dit MLP benadert een continue variant van de NOR-functie.
- ✓ Dit MLP benadert een continue variant van de XOR-functie.
- ★ I.i.g. XOR.
15. Een neurale netwerk met veel connecties, en dus veel gewichten, zal in het algemeen minder snel in een lokaal minimum terechtkomen.
- ✓ Dat is waar, want meer connecties zorgen voor meer vrijheidsgraden om uit lokale minima te ontsnappen.
- (b) Dat is waar, want meer connecties zorgen voor een kleinere som-term in de fout-functie.
- (c) Dat is niet waar, want in netwerken met veel gewichten zijn er gewichten-verdelingen te bedenken waarbij er toch convergentie is naar een oneigenlijk minimum.
- (d) Dat is niet waar, want door een groot aantal gewichten kan een netwerk juist veel sneller naar een oneigenlijk minimum worden getrokken.
16. In reinforcement leren is value-iteration een techniek om via iteratie grootheden aan te passen. Daarbij gelden de volgende beweringen.
- (i) V verandert.
- (ii) Q verandert.
- (iii) Π verandert.
- ✓ (16i), (16ii) en (16iii).
- (b) (16i), (16ii) en niet (16iii).
- (c) (16i), niet (16ii) en (16iii).
- (d) (16i), niet (16ii) en niet (16iii).

Einde van de meerkeuze vragen.

Figuren

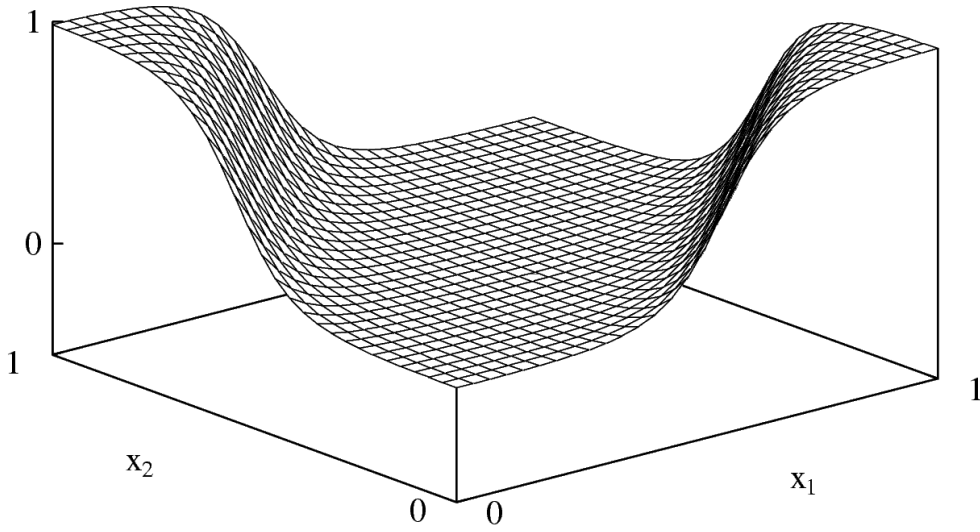


Fig. 1: Het respons-oppervlak van een meer-lagig perceptron.

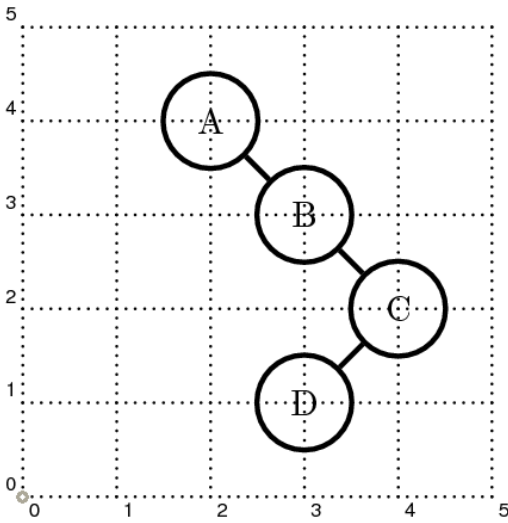


Fig. 2: Kohonen netwerk.

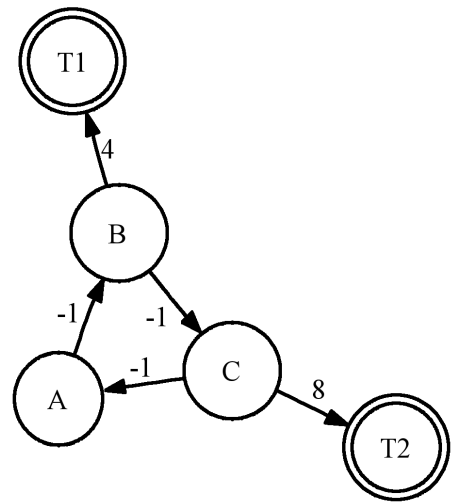


Fig. 3: Toestandengraaf.

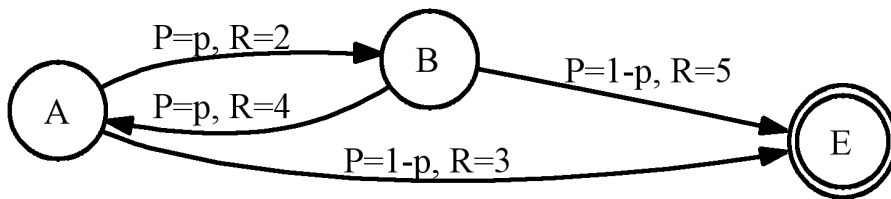


Fig. 4: Toestandengraaf.