

Naam: Collegekaart-nummer:

- Legitimatie verplicht.
- Tijdens de eerste 30 minuten mag de zaal niet worden verlaten.
- Op de tafel: legitimatie, tentamenvel, schrijfgerei, rekenmachine, A4tje met aantekeningen, eten, drinken.
- Niet op de tafel: al het overige, in het bijzonder telefoon en/of apparaten met internet.
- Het gebruik van markeerstiften is niet toegestaan.
- Als je naar het toilet wilt, steek dan een vinger op om een surveillant te waarschuwen. Hij of zij zal je toestemming geven om te gaan en met je meelopen naar het toilet. Toiletbezoek is niet toegestaan tijdens het eerste en het laatste halfuur van het tentamen. Redelijkerwijs gaat de surveillant er vanuit dat je hooguit éénmaal tijdens het tentamen het toilet bezoekt.
- Het is verboden een apparaat met internettoegang mee naar het toilet te nemen.
- Verplicht inleveren: alle antwoordbladen, ook als ze leeg zijn.
- Niet verplicht inleveren: de opgavenbladen.
- Nadat de zaal is verlaten, is het niet toegestaan te verblijven in de gangen/hal direct buiten de zaal in verband met geluidsoverlast.
- De instructies van de surveillant dienen te worden opgevolgd.

Meerkeuze antwoorden

- Bij elke vraag is steeds precies één antwoord het juiste. In enkele gevallen kunnen andere antwoorden “bijna juist” of “deels juist” zijn. In dergelijke gevallen geldt het beste antwoord.
- Antwoord in de daarvoor bestemde vakjes door een kruisje te plaatsen. Heb je je vergist, kras dan het kruisje door, en zet een kruisje in een ander vakje.
- Het is mogelijk om aan de surveillant een nieuw antwoordvel te vragen. Onze voorraad vellen is eindig, first come first serve.
- Omdat er verschillende versies van de opgaven bestaan, correspondeert de volgorde van de meerkeuzevragen opgaven niet altijd met de volgorde van de stof zoals die behandeld is in de colleges.

Succes!

	A	B	C	D
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				

	A	B	C	D
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				
16.				

	A	B	C	D
17.				
18.				
19.				
20.				
21.				
22.				
23.				
24.				

Kladpapier.

Meerkeuzevragen

1. (Mierenkolonieoptimalisatie.) Een mier kan kiezen uit drie onbezochte steden A , B , en C . Verbindingen naar die steden bezitten een aantrekkelijkheid van respectievelijk 4, 5 en 6. Verder geldt $\alpha = 1/2$.

Wat is de kans dat de mier bij een volgende stap B bezoekt?

- (a) $1/12$.
- ✓ $1/6$.
- (c) $1/3$.
- (d) Een ander antwoord.

Toelichting. Bij exploitatie kiest de mier B met kans 0 (hij/zij kiest dan altijd C). Bij exploratie kiest de mier B met kans $5/(4 + 5 + 6) = 1/3$. Korter:

$$\begin{aligned} P\{B \mid \text{exploitatie}\} &= 0, \\ P\{B \mid \text{exploratie}\} &= \frac{1}{3}. \end{aligned}$$

Opgeteld is de kans dat de mier B kiest dus

$$\begin{aligned} &P\{B \mid \text{exploratie}\}P\{\text{exploratie}\} + P\{B \mid \text{exploitatie}\}P\{\text{exploitatie}\} \\ &= \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} + 0 \cdot \frac{1}{2} \\ &= \frac{1}{6}. \end{aligned}$$

Merk op dat we niet hoeven te weten of α nu staat voor de kans om te exploiteren danwel staat voor de kans om te exploreren; immers, $\alpha = 1/2$.

2. Gegeven is de discrete replicatordynamiek tussen drie soorten met scorematrix

$$R = \begin{pmatrix} 2 & 6 & 7 \\ 8 & 4 & 5 \\ 1 & 9 & 3 \end{pmatrix}.$$

De populatie bevindt zich in verhouding

$$p = \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0\right).$$

Geef de verhouding na één iteratie in de replicatordynamiek.

- (a) $(0.4, 0.0, 0.6)$
- (b) $(0.6, 0.0, 0.4)$
- ✓ $(0.4, 0.6, 0.0)$
- (d) $(0.6, 0.4, 0.0)$

Toelichting. Bereken eerst de score-vector:

$$S = R \cdot p = \begin{pmatrix} 2 & 6 & 7 \\ 8 & 4 & 5 \\ 1 & 9 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 0.0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \\ 5 \end{pmatrix}.$$

(In dit geval dus gewoon het gemiddelde van de eerste twee kolommen.) De betekenis van de score-vector is dat, in een populatie in verhouding p , de verwachte opbrengst voor Soort 1 gelijk is aan 4, voor Soort 2 gelijk 6, en voor

Soort 1 gelijk 5.

Bereken nu de nieuwe, ongenormaliseerde, verhoudingen. De replicatordynamiek bepaalt dat een soort evenredig groeit met haar score:

$$q = S \circ p = \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \\ 5 \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 0.0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

waarbij “ $\circ$ ” het Hadamard-product is. Normaliseer:

$$p' = \frac{1}{\|q\|} q = \frac{1}{2+3+0} \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2/5 \\ 3/5 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.6 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

3. Twee spelers spelen herhaaldelijk het gevangenendilemma met de standaard uitbetalingen 0, 1, 3 en 5. (Zet zelf de getallen op de juiste plekken.) De eerste speler bedient zichzelf van RANDOM 20% (werk 20% van de tijd samen), de tweede van TFT (tit-for-tat). TFT begint met samenwerken.

De verwachte totale opbrengst van de TFT speler na 1000 ronden is, afgerond, gelijk aan

- (a) 1549.
- (b) 1550.
- ✓ 1559.
- (d) Een ander antwoord.

Toelichting. TFT echoot de tegenstander, RANDOM 20% werkt 20% van de tijd samen, onafhankelijk van het gedrag van de tegenstander. Bekijk een stukje van een episode:

Ronde nummer	...	$n-1$	n	...
Actie RANDOM	...	A_{n-1}	A_n	...
Actie TFT	...	B_{n-1}	B_n	...

Als $P\{A_n = C\}$ en $P\{B_n = C\}$ bekend zijn, kan met gevalsonderscheid de verwachte opbrengst worden berekend. Er zijn vier gevallen, nl. de vier actieprofielen (C, C), (C, D), (D, C), en (D, D).

Voor iedere ronde geldt:

$$P\{A_n = C\} = 0.2.$$

Verder geldt voor iedere “vorige” ronde $n-1$

$$P\{A_{n-1} = C\} = 0.2,$$

dus met TFT geldt voor iedere “huidige” ronde $n >$

$$P\{B_n = C\} = 0.2.$$

Dus elke ronde is de verwachte uitbetaling voor elke speler gelijk aan (weeg gebeurtenissen met hun kansen):

$$\begin{aligned} & 3P\{A_n = C, B_n = C\} + 0P\{A_n = C, B_n = D\} + 5P\{A_n = D, B_n = C\} + 1P\{A_n = D, B_n = D\} \\ &= 3P\{A_n = C\}P\{B_n = C\} + 0P\{A_n = D\}P\{B_n = C\} + 5P\{A_n = C, B_n = D\} + 1P\{A_n = D\}P\{B_n = D\} \\ &= 3 \times 0.2 \times 0.2 + 0 \times 0.8 \times 0.2 + 5 \times 0.2 \times 0.8 + 1 \times 0.8 \times 0.8 \\ &= 1.56. \end{aligned}$$

De verwachte totale opbrengst van elke speler in de laatste 999 ronden is dus $999 \times 1.56 = 1558.44$. De verwachte

opbrengst van TFT in de eerste ronde is minder, namelijk

$$\begin{aligned}
 & 3P\{A_n = C, B_n = C\} + 0P\{A_n = C, B_n = D\} + 5P\{A_n = D, B_n = C\} + 1P\{A_n = D, B_n = D\} \\
 &= 3P\{A_n = C\}P\{B_n = C\} + 0P\{A_n = D\}P\{B_n = C\} + 5P\{A_n = C, B_n = D\} + 1P\{A_n = D\}P\{B_n = D\} \\
 &= 3 \times 0.2 \times 1.0 + 0 \times 0.8 \times 1.0 + 5 \times 0.2 \times 0.0 + 1 \times 0.8 \times 0.0 \\
 &= 0.6.
 \end{aligned}$$

Immers, TFT werkt altijd samen in de eerste ronde, en is dus vaker het slachtoffer. De verwachte totale opbrengst voor TFT na 1000 rondes is dus $0.6 + 1558.44 \approx 1559$.

Noot: in het 2024 tentamen werd abusievelijk vermeld dat beide spelers beginnen met samenwerken. Dit is natuurlijk raar, RANDOM 20% speelt altijd random, in het bijzonder in de eerste ronde. Maar goed, als aangenomen wordt dat beiden in het begin samenwerken zou het antwoord gelijk zijn aan $3 + 1558.44 \approx 1561$. We zouden dan dus uitkomen bij antwoord (d).

4. (Het geïtereerd ruimtelijk evolutionair gevangenendilemma, door Nowak & May.) Geef voor de volgende configuraties aan of de centrumcel meewerkt in de volgende generatie. Daarbij staat $U_{\max}$ staat voor de toestand van de cel met de hoogste opbrengst van alle cellen in de omgeving.

<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td>C</td><td>D</td><td>C</td></tr> <tr><td>C</td><td>D</td><td>C</td></tr> <tr><td>C</td><td>C</td><td>D</td></tr> </table> $\alpha = 1.2$ $U_{\max} = (C, 7.3)$	C	D	C	C	D	C	C	C	D	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td>C</td><td>C</td><td>C</td></tr> <tr><td>D</td><td>C</td><td>D</td></tr> <tr><td>C</td><td>C</td><td>D</td></tr> </table> $\alpha = 1.4$ $U_{\max} = (D, 7.0)$	C	C	C	D	C	D	C	C	D
C	D	C																	
C	D	C																	
C	C	D																	
C	C	C																	
D	C	D																	
C	C	D																	

- (a) Meewerken, meewerken.
 ✓ Meewerken, verzaken.
 (c) Verzaken, meewerken.
 (d) Verzaken, verzaken.

Toelichting. De opbrengst voor de centrumcel is $6\alpha + 2 \cdot 0 = 6 \cdot 1.2 = 7.2$. Het paar $U_{\max}$ is gelijk aan $(C, 7.3)$. Er geldt $7.3 > 7.2$ dus de centrumcel gaat meewerken in de volgende generatie.

De opbrengst voor de tweede centrumcel is $5 \cdot 1 + 3 \cdot 0 = 5$. Het paar $U_{\max}$ is gelijk aan $(D, 7)$. Er geldt $7 > 5$ dus de centrumcel gaat verzaken in de volgende generatie.

5. (Massieve multi-agentsystemen.) Tien ballen springen heen en weer tussen vijf vazen; ze springen alleen naar gevulde vazen. Hoeveel mogelijke toestanden zijn er?

- (a) 66.
 (b) 67.
 ✓ 1001.
 (d) Een ander antwoord.

Toelichting. Er zijn

$$\binom{n+k-1}{k-1} = \binom{10+5-1}{5-1} = \binom{14}{4} = \frac{14!}{10!4!} = 1001$$

manieren om 10 knikkers over 5 vazen te verdelen. Het is dan automatisch zo dat geen enkele vaas leeg blijft. Er zijn dus 1001 mogelijke toestanden.

6. Als bij Vraag 5. Het aantal klassen, doorgangsklassen, en recurrente klassen is respectievelijk

- ✓ 31, 26, en 5.
 (b) 31, 27, en 4.
 (c) 32, 26, en 6.
 (d) 32, 27, en 5.

Toelichting. Een absorberende toestand is een toestand waaruit niet meer kan worden ontsnapt. Er zijn vijf absorberende toestanden, te weten $(10, 0, 0, 0, 0)$, $(0, 10, 0, 0, 0)$, $\dots$, en $(0, 0, 0, 0, 10)$.

Een klasse bestaat uit een zo groot mogelijke verzameling van communicerende (mogelijk in elkaar overgaande) toestanden. Toestanden communiceren zolang er geen lege vaas bij komt. Het aantal klassen wordt dus gedefinieerd door vazen aan te wijzen die leeg zijn. Er zijn 5 vazen, dus er zijn $2^5 = 32$ configuraties van volle/lege vazen. Eén configuratie, te weten die waarbij alle vazen leeg zijn, moet worden uitgesloten (ballen moeten ergens liggen), zodat we eindigen met $2^5 - 1 = 31$ klassen.

Recurrente klassen zijn klassen waarbij alle toestanden oneindig vaak bezocht worden. Dat zijn hier precies alle klassen met absorberende toestanden, dus de vijf singleton-verzamelingen $\{(10, 0, 0, 0, 0)\}$, $\{(0, 10, 0, 0, 0)\}$, $\dots$, en $\{(0, 0, 0, 0, 10)\}$. Er zijn dus 5 recurrente klassen. De andere $31 - 5 = 26$ klassen zijn dan doorgangsklassen.

7. De relatieve fitness van $A_1, \dots, A_5$ is gelijk aan resp. 2, 1, 0, 3 en 2, in steekproeven ter grootte resp. 3, 5, 2, 4 en 4. Geef de genormeerde relatieve fitness van A_1 .

- (a) $1/8$.
 (b) $1/6$.
 ✓ $2/3$.
 (d) Er zijn onvoldoende gegevens om deze te berekenen.

Toelichting. De genormeerde relatieve fitness is gelijk aan de relatieve fitness, gedeeld door de steekproefgrootte. De genormeerde relatieve fitness van A_1 is dus $2/3$.

8. Als in Vraag 7. Geef de genormaliseerde relatieve fitness van A_1 .

- ✓ Afgerond 0.315.
 (b) Afgerond 0.471.
 (c) Afgerond 0.512.
 (d) Er zijn onvoldoende gegevens om deze te berekenen.

Toelichting. De genormaliseerde relatieve fitness is de genormeerde relatieve fitness, gedeeld door de totale genormeerde relatieve fitness.

$$\frac{2/3}{2/3 + 1/5 + 0/2 + 3/4 + 2/4} \approx 0.315.$$

9. (LISP.) De variabelen X en Y zijn gebonden aan respectievelijk 3 en 4. Geef de uitkomst van

```
(AND
  (OR NIL
    (= (+ X Y) 7)
    (= (+ X Y) 8))
  (NOT
    (AND T
      (= X 4)
      (= (* X Y) 12)))
  (= (* X Y)
    (+ Y 1 Y X)
    (+ Y Y Y)))
```

- ✓ T.
 (b) NIL.
 (c) Een getal.
 (d) Een foutmelding.

Toelichting. De eerste expressie is waar, want $X + Y = 7$. De tweede expressie is ook waar, want $X \neq 4$. De laatste expressie is ook waar, want $(\star X Y)$, $(+ Y 1 Y X)$ en $(+ Y Y Y)$ evalueren allemaal naar 12. Samen geeft dit $(\text{AND } T \ T \ T)$, wat naar T evalueert.

10. (Genetisch programmeren.) Hoeveel verschillende kruisingen zijn mogelijk, gegeven de volgende twee ouders? Ouders kruisen niet met zichzelf. Er zijn drie typen expressies: “test”, “instructie”, en “numeriek”.

```
(IF (FOOD-AHEAD)
  (IF (TRAY-EMPTY)
    (PICK-UP)
    (ROTATE -90) )
  (IF (EMPTY)
    (CHARGE)
    (ROTATE 90) ) )

(IF (BATTERY-OK)
  (IF (FOOD-BEHIND)
    (ROTATE 180)
    (WAIT 30) )
  (CHARGE) )
```

- ✓ 45.
 (b) 48.
 (c) 50.
 (d) Een ander antwoord.

Toelichting. Expressie 1 bestaat uit

- drie tests (tel het aantal IF statements—bij elk zo’n statement hoort precies één test),
- zeven instructies (drie IF statements plus vier elementaire instructies),
- twee getallen (90 en -90).

Expressie 2 bestaat uit

- twee tests,
- vijf instructies,
- twee getallen.

Expressies van hetzelfde type kunnen met elkaar kruisen, dus tests kunnen met elkaar kruisen (3×2), instructies kunnen met elkaar kruisen (7×5), en getallen kunnen met elkaar kruisen (2×2).

$$3 \times 2 + 7 \times 5 + 2 \times 2 = 45.$$

Voor de berekening maakt het uit dat, per hoofdexpressie, alle getallen, tests en instructies van elkaar verschillen. Als dat niet zo is wordt de berekening erg moeilijk. Immers, identieke sub-expressies genereren verschillende

“inplugpunten” bij de hoofdexpressie, maar zijn verder niet onderscheidbaar voor de andere hoofdexpressie waarmee gekruist wordt.

11. Als in Vraag 10. Hoeveel sub-expressies telt een grootste product van een kruising, top-expressie meegerekend?

- ✓ 20.
- (b) 21.
- (c) 22.
- (d) Een ander antwoord.

Toelichting. Een grootste product van een kruising ontstaat als heel Expressie 1 wordt gekruist met een blad van Expressie 2 of, omgekeerd, heel Expressie 2 wordt gekruist met een blad van Expressie 1. Expressie 1 telt 12 sub-expressies, top-expressie meegerekend (tel alle openingshaakjes plus getallen); Expressie 2 telt 9 sub-expressies, top-expressie meegerekend. Dus een grootste product van een kruising telt $12 + 9 - 1 = 20$ sub-expressies, top-expressie meegerekend.

12. Bij filamenteuze condensatie worden deeltjes bij aanvang als volgt geplaatst.

- ✓ Zij worden met een lage dekkingsgraad (typisch 2%) over het canvas verspreidt.
- (b) Zij worden met een lage dekkingsgraad (typisch 2%) over het canvas verspreidt, waarna de mierenpopulatie langzaam afneemt (typisch sterfte met een kans 0.00025 per mier per tik).
- (c) Zij worden met een lage dekkingsgraad (typisch 2%) gedropt op bestaande voedselplekken.
- (d) Zij worden met een hoge dekkingsgraad (typisch 50%) over het convexe omhulsel van de voederplekken verspreidt, waarna de mierenpopulatie langzaam afneemt (typisch sterfte met een kans 0.00025 per mier per tik).

Toelichting. (12b) is een fantasieantwoord, (12c) correspondeert met filamenteus voederen, en (12d) correspondeert met plasmodiale krimp.

13. Flocking vindt plaats wanneer bijvoorbeeld vogels zich groepsgewijs voortbewegen. Er zijn parallellen te trekken met het gedrag van scholen vissen en het kuddegedrag van landdieren. Op het college zijn verschillende computationele modellen van flocking besproken. Sturingselementen hierin zijn: separation (Flake: avoidance), cohesion (Flake: center), alignment (Flake: copy) en obstacle avoidance (Flake: view).

Het is ook mogelijk flocking toe te passen op stilstaande groepen. Welk sturingselement kan dan vaak zonder al te veel problemen worden weggelaten?

- (a) Separation (Flake: avoidance).
- (b) Cohesion (Flake: center).
- ✓ Alignment (Flake: copy).
- (d) Avoidance (Flake: view).

Toelichting. Separation is nog steeds nodig om botsingen te voorkomen; cohesion is nog steeds nodig om “afdrijvers” weer bij te halen; alignment kan worden weggelaten, omdat een gedeelte richting van voortbeweging niet meer bestaat; avoidance kan nog steeds nodig zijn bij het ontwijken van obstakels.

14. Welke van de onderstaande beweringen over het Daisy world model is NIET waar?

- i) Het Daisy world model is bedacht door J. Lovelock.
- ii) Het Daisy world model is bedacht om er de Gaia-hypothese mee te illustreren.

- iii) Het doel van het Daisy world model is het opzetten van een kunstmatige omgeving waarin de wisselwerking tussen organismen en hun omgeving kon worden verkend.
- iv) Daisies kunnen groeien, reproduceren, hun omgeving veranderen en sterven.
- v) Daisies kunnen kruisen en muteren, en er vindt natuurlijke selectie plaats.
- vi) Witte daisies bezitten een hoog albedo.
- vii) De favoriete temperatuur van witte daisies is hoger dan de favoriete temperatuur van zwarte daisies.
- viii) Door de aanwezigheid van daisies ontstaat een zelf-regulerende feedback loop.

- (a) i).
- (b) iii).
- ✓ v).
- (d) Een ander antwoord.

Toelichting. Daisies kruisen en muteren niet.

15. Welke van de volgende beweringen zijn waar?

- i) Het Physarum polycephalum is een slime mould.
 - ii) De “Japanse school” modelleert slime mould met continue wiskunde (differentiaalvergelijkingen e.d.).
 - iii) Het deeltjes-model van slime mould kan worden gebruikt om het handelsreiziger-probleem op te lossen.
 - iv) Het deeltjes-model van slime mould convergeert, met de juiste parameter-instellingen (sensor offset, sensor angle, rotation angle, step size), altijd naar Steiner-bomen.
- ✓ Alleen i) en ii).
 - (b) Alleen ii) en iii).
 - (c) Alleen iii) en iv).
 - (d) Het goede antwoord staat er niet bij.

Toelichting. Het deeltjesmodel is, zoals zoveel algoritmen voor NP-volledige vraagstukken, een typische benaderingsmethode. Het handelsreiziger-probleem wordt niet opgelost. Het model levert alleen goede oplossingen, zonder garantie op een beste oplossing.

Met de juiste parameter-instellingen worden inderdaad vaak Steiner-bomen gevormd, maar niet altijd. Soms worden andere figuren of sub-optimale bomen gevormd. Herinner je de U-vorm nog in het filmpje van James Grime, Cambridge university. (Het Steiner boom-probleem is trouwens óók een NP-volledig probleem, echter dat hoefde je voor de beantwoording van dit vraagstuk niet te weten.)

16. Bij genetisch programmeren kunnen we het volgende doen.

- i) Syntaxbomen tot aan een bepaalde diepte genereren.
- ii) Syntaxbomen van een bepaalde diepte genereren.
- iii) Syntaxbomen tot aan een bepaalde vertakkingsgraad genereren.

Ramped half-and-half is een combinatie van

- ✓ i) en ii).
- (b) i) en iii).
- (c) ii) en iii).

(d) Het goede antwoord staat er niet bij.

17. Het principe van de Rode Koningin behelst het volgende.

- (a) Bij een fitness-proportionele selectie dient in ieder geval het meest fitte individu meegenomen te worden naar de volgende generatie.
- ✓ In co-evolutie moeten individuen blijven verbeteren om fit te blijven.
- (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.

Toelichting. De red queen hypothese stelt dat elke verbetering die een soort door evolutie (mutatie gevolgd door natuurlijke selectie) ontwikkelt, nieuw voordeel voor die soort ten opzichte van andere soorten oplevert (men zegt dat de soort zijn fitness vergroot). Hierdoor is de soort in staat een groter deel van de beschikbare reserves op te eisen. De andere soorten zullen hierop moeten reageren door zelf ook te verbeteren. Als een soort niet snel genoeg mee-evolueert dreigt uitsterving.

Het bekendste voorbeeld van het effect is de wapenwedloop tussen predators en prooi. Als de prooi zich door evolutie beter leert verdedigen, zal de predator gedwongen zijn een betere aanval te ontwikkelen. Als konijnen sneller leren rennen, zullen vossen ook harder moeten leren rennen om aan voedsel te komen.

18. Watson and Pollack definiëren de *score3* functie (a.k.a. de *Min-d* functie) om individuen te vergelijken met twee of meer attributen. Wat is het doel hiervan?

- (a) Het creëren van een irreflexieve vergelijkingsmaat.
- (b) Het creëren van een intransitieve vergelijkingsmaat.
- (c) Laten zien dat het vergroten van attribuutwaarden niet noodzakelijk hoeft te betekenen dat meer individuen worden gedomineerd.
- ✓ Laten zien dat een relatieve score kan zorgen voor een negatieve selectiedruk.

Toelichting. Als middel wordt een intransitieve vergelijkingsmaat gecreëerd, met als doel om te laten zien dat een relatieve score kan zorgen voor een negatieve selectiedruk. Eén van de effecten van een intransitieve vergelijkingsmaat is dat vergroten van attribuutwaarden niet noodzakelijk hoeft te betekenen dat meer individuen worden gedomineerd, echter dat is geen doel op zich.

19. Beschouw individuen in Watson en Pollack's model van co-evolutie. We vergelijken

$$a = (4, 2, 3, 6), \quad b = (1, 7, 3, 4), \text{ en } c = (9, 5, 1, 2).$$

middels de *score3* functie (a.k.a. de *Min-d* functie).

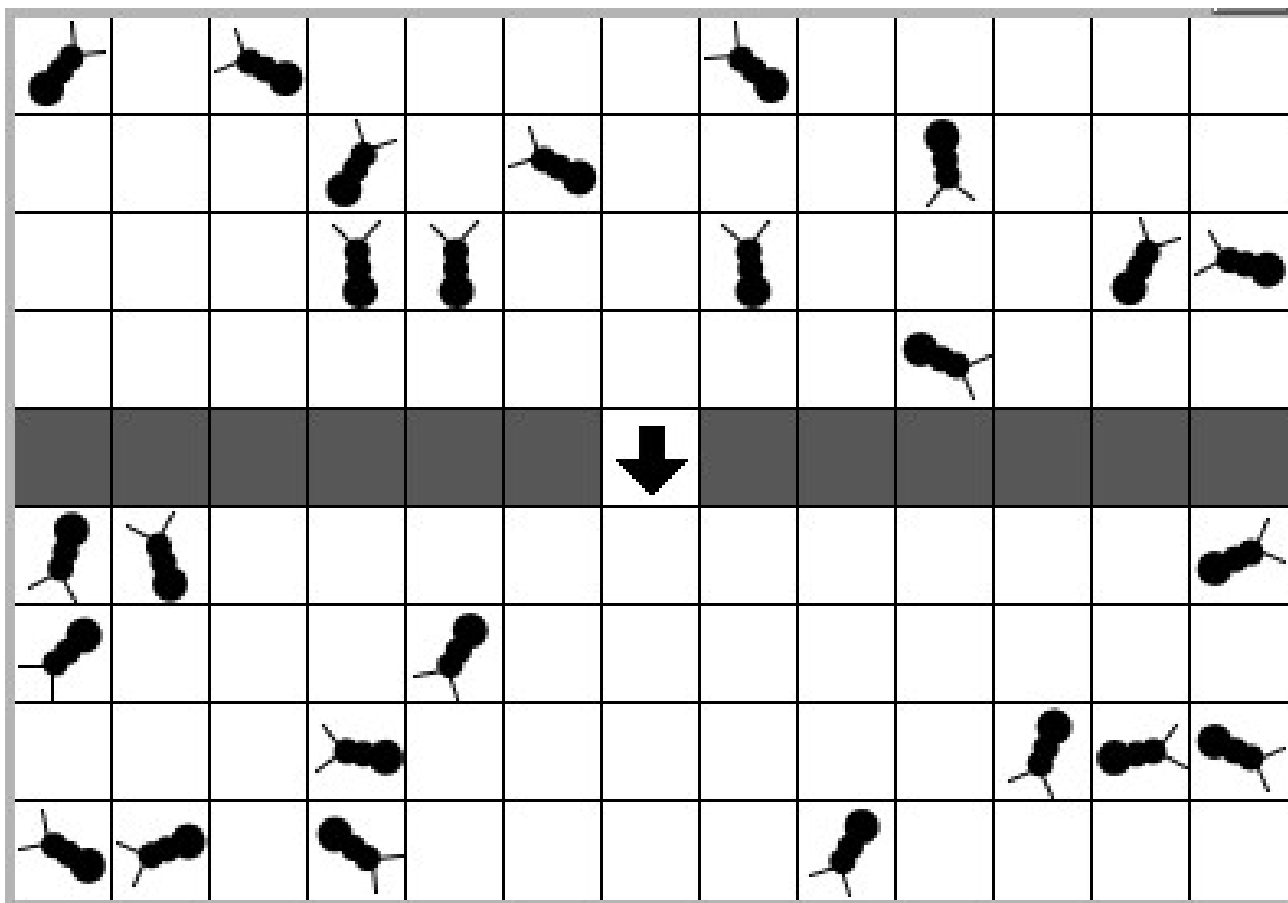
- (a) $a < b, a > c$.
- (b) $a < b, a > c, b > c$.
- ✓ $a > c, b > c$.
- (d) $a < b, a < c, b < c$.

Toelichting. Vergelijk steeds op de coördinaat waar de tupels het minst van elkaar verschillen. Als er meerdere coördinaten zijn, dan geldt de eerste coördinaat (cf. Watson & Pollack).

- a en b verschillen het minst van elkaar op de 3e coördinaat. Op die coördinaat zijn ze elkaars gelijke, dus zijn a en b onvergelijkbaar. Er kan dus $a < b$ noch $b < a$ worden geschreven.
- a en c verschillen het minst van elkaar op de 3e coördinaat. Daar domineert a het tupel c , dus $a > c$.
- b en c verschillen het minst van elkaar op alle coördinaten, behalve de 4e. In dat geval wordt voor de eerste van

die coördinaten gekozen. Omdat $7 > 5$, geldt $b > c$.

20. Vijfentwintig mieren lopen over een eindig grid dat gescheiden is door een muur en een eenrichtingsdeur.



Er zijn 105 bewandelbare patches. De randen van het grid zijn NIET met elkaar verbonden. Bij aanvang worden mieren willekeurig neergezet. Mieren zijn niet van elkaar te onderscheiden. Ten alle tijde kan op één vakje maar één mier. Mieren bewegen asynchroon naar een buur in de Von Neumann omgeving. Welke van de volgende beweringen is NIET waar? Dit proces bezit ...

- (a) ... $\binom{105}{25}$ toestanden.
- ✓ ... tenminste één absorberende toestand.
- (c) ... 25 doorgangsklassen.
- (d) ... precies één recurrente klasse.

Toelichting. Een toestand is een configuratie van mieren. Het is belangrijk op te merken dat nooit “verstopping” of deadlock bij de deur kan optreden.

(20a) is waar: bij aanvang moeten 25 uit 105 plekken worden gekozen. (Als mieren van elkaar te onderscheiden waren dan $105 \times \dots \times 81 = 105!/80!$ toestanden. Als mieren bovendien over elkaar heen mogen lopen, dan 105^{25} toestanden. Als mieren niet van elkaar te onderscheiden waren maar wel over elkaar heen mogen lopen dan $105^{25}/25!$ toestanden.)

(20b) is onwaar: alle toestanden kunnen overgaan in een andere toestand: mieren kunnen blijven rondlopen. Wel is het zo dat, met kans 1, uiteindelijk alle mieren zich op de onderste helft bevinden. Nog steeds kunnen mieren dan vrijelijk rondlopen.

(20c) is waar: voor een klasse maakt het alleen maar uit hoeveel mieren zich ten noorden van de deur bevinden, dat

varieert van nul tot 25.

(20d) is waar: dat is de klasse waarbij alle mieren zich ten zuiden van de deur bevinden.

21. Gegeven is een discreet Hopfield netwerk met gewichten

$$\begin{array}{ccc} & x_1 & x_2 & x_3 \\ \begin{array}{c} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{array} & \begin{bmatrix} - & -0.3 & 0.4 \\ - & - & 0.5 \\ - & - & - \end{bmatrix} \end{array}.$$

De bias, b , is gelijk aan 1. Het netwerk verkeert in toestand $(x_1, x_2, x_3) = (1, -1, 1)$. Op een volgend tijdstip wordt knoop x_1 geupdate. Wat is de activatiewaarde van deze knoop na deze update?

✓ -1.

(b) -0.3.

(c) 1.

(d) Een ander antwoord.

Toelichting.

$$\begin{aligned} a_i(t+1) &= \text{sgn} \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} \times a_j(t) - b_i \right) \\ &= \text{sgn}(w_1x_1 + w_2x_2 - b) \\ &= \text{sgn}(-0.3 \times -1 + 0.4 \times 1 - 1) \\ &= -1. \end{aligned}$$

22. We bekijken het Hopfield-netwerk voor een 5×5 (taak-) toewijzingsprobleem. Hoeveel (symmetrische) verbindingen bezit dit netwerk, exclusief bias?

(a) 80.

(b) 99.

✓ 100.

(d) Een ander antwoord.

Toelichting. Elke rij of kolom is een cluster. Alle knopen in een cluster “werken elkaar tegen” / “proberen elkaar er uit te duwen”. Dus tussen elk paar knopen in een cluster ligt een negatieve verbinding. Dus in één cluster liggen $5 \times (5 - 1)/2 = 10$ negatieve verbindingen. (Delen door twee, want verbindingen kennen geen richting, i.e., zijn symmetrisch.) Er zijn 5 rijen en 5 kolommen, dus 10 clusters, dus er zijn $10 \times (5 + 5) = 100$ verbindingen.

23. (Hopfield netwerken.) Leg uit waarom een ingeprente zwarte letter op een witte achtergrond bij een gescrambled image terug kan komen als een witte letter op een zwarte achtergrond.

✓ Omdat het terugzakken naar een gespiegeld patroon hetzelfde energieniveau oplevert.

(b) Omdat het terugzakken naar een gespiegelde gewichtenverdeling hetzelfde energieniveau oplevert.

(c) Omdat meerdere patronen het terugroepvermogen kunnen verstoren. Er ontstaan dan spookpatronen.

(d) Omdat meerdere leer-iteraties (i.e., netwerkupdates) het terugroepvermogen kunnen verstoren. Er ontstaan dan spookpatronen.

Toelichting. In een Hopfield netwerk genereert elk gespiegeld patroon eenzelfde energietoestand als het originele patroon. Als het netwerk zich ontspant vanaf een toestand dicht bij een gespiegeld leervoorbeeld, dan zal het naar dat gespiegeld leervoorbeeld toe convergeren.

24. (Thagard's theory of explanatory coherence.) In de leerfase wordt feit P , en hypothese H_1 toegevoegd. Deze hypothese verklaart P . In de leerfase gebeurt het volgende.

(a) P wordt positief verbonden met TRUE, en H_1 wordt positief verbonden met P .

✓ De verbindingen P —TRUE en P — H_1 worden versterkt.

(c) P wordt gezet op "geaccepteerd", en H_1 wordt positief verbonden met P .

(d) P wordt gezet op "geaccepteerd", en de verbinding P — H_1 wordt versterkt.

Toelichting. Op HC werd uitgelegd welke invloed het toevoegen van een feit, en welke invloed het toevoegen van een verklaring, op het onderliggende Hopfield netwerk heeft.

- Als P een feit is, en P wordt ingebracht, dan zal het gewicht van de edge P —TRUE een klein beetje opgehoogd worden. (In TEC met 0.05, maar dat werd niet gevraagd en is ook niet zo belangrijk.)
- Als H_1 de bewering P verklaart, zal het gewicht tussen H_1 en P een klein beetje worden verhoogd. (In TEC met 0.04.)