Inleveropgave 5: Slot

Houd je aan de punten zoals vermeld in "Regeling toetsen" op de cursussite. In het bijzonder herinneren we je er aan dat samenwerken mag, maar uitwerkingen authentiek moeten zijn. Succes!

1. (Genetische algoritmen, 4pt) Gegeven is de volgende populatie van zes genotypen met hun fitness: $A(3)$, $B(5)$, $B(4)$, $B(6)$, $C(1)$, $C(2)$. Dus van B komen drie exemplaren voor met een verschillende fitness.

   Er wordt een mating pool aangelegd van dezelfde grootte. Bereken de kans dat C na zes trekkingen in de nieuwe mating pool voorkomt.

2. (Genetisch programmeren, 4pt) Twee LISP-genomen worden met elkaar gekruist. Het ene genoom bestaat uit 6 imperatieven, 5 tests, en 7 getallen; het tweede genoom bestaat uit 5 imperatieven, 4 tests, en 9 getallen. Hoeveel kruisingen zijn er mogelijk?

3. (Gaia, 5pt) Lees Kirchner, J. W. The Gaia hypotheses: Are they testable? Are they useful? *Scientists on Gaia,* pp. 38-46, 1991. (De titel is klikbaar en bevat een link.) Vat dit artikel samen. In de samenvatting mogen geen citaten voorkomen.

   Voor elk van de volgende criteria een punt: juistheid, compleetheid, samenhang, lengte (hoe korter hoe beter), verzorging.

4. (Co-evolutie, 4pt) Geef zo veel mogelijk (k, l), zodanig dat $k, l \in \mathbb{Z}$, $0 \leq k, l \leq 8$, en $(4, 0)$, $(2, 4)$ en (k, l) een cykel vormen in Watson & Pollack's "score3" ("Min-d") metriek.

   Eén oplossing: 1 punt; twee oplossingen: 2 punten; zes oplossingen: 3 punten; veertien oplossingen: 4 punten.

   De rest van de sommen vind je op de achterkant.

Inleveropgave 5: Slot

5. (Discreet Hopfield netwerk, 4pt) Gegeven is de gewichtenmatrix

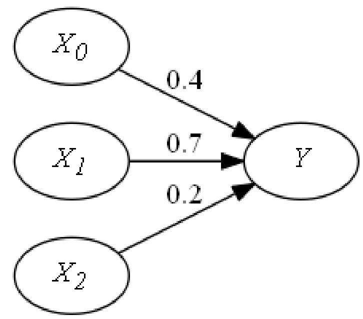
$$W = \begin{pmatrix} 0 & 2 & -1 & -5 \\ 2 & 0 & -3 & 4 \\ -1 & -3 & 0 & 1 \\ -5 & 4 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

en de netwerktoestand $t = (1, -1, 1, 1)$. Bereken de nieuwe netwerktoestand als eerst knoop twee zich vernieuwt, en daarna knoop één zich vernieuwt. (We tellen vanaf 1.)

6. (Lineair perceptron, 6pt) Gegeven zijn de volgende leervoorbeelden afkomstig van een onbekende functie $f(X_1, X_2) = T$:

	X_1	X_2	T
Voorbeeld 1.	0	0	1
Voorbeeld 2.	−1	0	−0.5
Voorbeeld 3.	1	0	0
Voorbeeld 4.	0	−1	0.5

Verder is gegeven het rechts afgebeelde lineair perceptron met leersnelheid $\alpha = 0.5$ en invoer X_0 (de bias) vastgezet op 1. De bedoeling is dat dit perceptron de voorbeelden gaat leren.

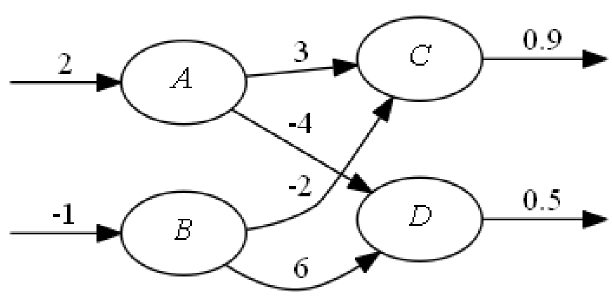


(a) Bepaal hoe de gewichten er uit zien na één batch update met de delta-leerregel. Bepaal daarna de fout over alle leervoorbeelden.

(b) Bepaal hoe de gewichten er uit zien na één online update, over alle voorbeelden één keer in volgorde van boven naar beneden. Bepaal daarna de fout.

(c) Bepaal de optimale gewichten met behulp van lineaire algebra. Je zult een inverse matrix moeten uitrekenen. De appendix van de sommenbundel laat zien hoe dit kan voorzover je dit nog niet kon.

7. (Feed-forward met sigmoïde, 6pt) Gegeven is het feed-forward netwerk



[De graaf werd automatisch gegenereerd door het programma `dot` van de Graphviz suite. Vandaar de wat gebrekkige layout.] Alle knopen zijn voorzien van de standaard sigmoïde activatiefunctie. De gewichten tussen AC, AD, BC en BD zijn gelijk aan resp. 3, -4, -2 en 6. Bij invoer $(A, B) = (2, -1)$ is de gewenste uitvoer $t = (0.9, 0.5)$.

(a) Bereken bij invoer $(A, B) = (0.4, 0.8)$ de feitelijke uitvoer o_A, o_B, o_C, en o_D.

(b) Bereken de fouten $t_C - o_C$ en $t_D - o_D$.

(c) Bereken nu de correctiefactoren δ_A, δ_B, δ_C, en δ_D.

Einde van de opgaven.

Antwoorden

Cijfer = 9 × (behaalde punten) / (totaal aantal punten) + 1.

1, p. 1:

$$P\{C \text{ wordt geselecteerd in één trekking}\} = \frac{1+2}{3+5+4+6+1+2} = \frac{3}{21}.$$
$$P\{C \text{ wordt niet geselecteerd in één trekking}\} = 1 - \frac{3}{21} = \frac{18}{21}.$$
$$P\{C \text{ wordt niet geselecteerd in zes trekkingen}\} = \left(\frac{18}{21}\right)^6.$$
$$P\{C \text{ wordt tenminste één keer geselecteerd in zes trekkingen}\} = 1 - \left(\frac{18}{21}\right)^6 = 0.60343.$$

Overigens kan onder "fitness-proportioneel" ook worden verstaan als "in proportie met de gemiddelde fitness van dat type (ongeacht haar multipliciteit)". In dat geval

$$P\{C \text{ wordt geselecteerd in één trekking}\} = \frac{1.5}{3+5+1.5} = \frac{3}{19}.$$
$$\ldots$$
$$P\{C \text{ wordt tenminste één keer geselecteerd in zes trekkingen}\} = 1 - \left(1 - \frac{3}{19}\right)^6 = 0.64339.$$

Beide oplossingen worden goed gerekend. Punten: 2 voor de methode, 2 voor de uitkomst.

2, p. 1: Alleen s-exps van hetzelfde type kunnen met elkaar kruisen. Dus $6 \cdot 5 + 5 \cdot 4 + 7 \cdot 9 = 113$ verschillende kruisingen zijn er mogelijk.

Punten: 2 voor de methode, 2 voor de uitkomst.

3, p. 1: Een mogelijke samenvatting van Kirchner's artikel is achter de antwoorden te vinden. Punten (van vorm naar inhoud):

- 1 *Kort.* Is de samenvatting niet langer dan nodig?
- 1 *Verzorgd.* Taalgebruik en opmaak ok?
- 1 *Coherent.* Is de samenvatting logisch opgebouwd? Is het een beetje een verhaal? Of is het fragmentarisch, d.w.z. is de samenvatting een aaneenrijging van (zeer) korte alinea's (elk één à twee zinnen lang) zonder duidelijke opbouw, samenhang of volgorde?
- 1 *Juist.* Klopt het een beetje wat er staat? Zijn foute interpretaties afwezig?
- 1 *Compleet.* Is het belangrijkste besproken?

4, p. 1: Omdat volgens de Min-d metriek $(2,4) < (4,0)$ zoeken we punten (k,l), zó dat

$$(2,4) < (4,0) < (k,l) < (2,4).$$

Deze punten kunnen gevonden worden door proberen d.w.z. lukraak prikken.

Wil je meer punten vinden dan zul je een systematischer methode moeten volgen. Dit kan door het gebied wat gedomineerd wordt door (2,4) te doorsnijden met het gebied wat gesubdomineerd wordt door

(4,0). [Arceer in een rooster beide gebieden, het ene gebied bijvoorbeeld schuin naar boven en het andere gebied schuin naar beneden. De doorsnijding is dan het geruite gebied.]

In het inwendige van de linkerhelft van de doorsnijding vinden we (1,1) en (1,2). In het inwendige van de rechterhelft van de doorsnijding vinden we (5,2), (5,3), (6,1), (6,2), (6,3), (7,1), (7,2), (7,3), (8,1), (8,2), en (8,3).

Er zijn meer punten (k, l) als de definitie van Watson & Pollack's "score3" metriek goed gelezen wordt:

$$\mathrm{score}_3((a_x, a_y), (b_x, b_y)) = \begin{cases} \mathrm{score}(a_x, b_x), & \text{als } |\, a_x - b_x \,| < |\, a_y - b_y \,|, \\ \mathrm{score}(a_y, b_y), & \text{anders.} \end{cases}$$

Waarbij $\mathrm{score}(a, b) = 1$ als $a > b$, en 0 anders. Dus als beide punten op beide coördinaten evenveel verschillen worden ze op de tweede coördinaat vergeleken. Op de rand van de doorsnijding van beide gebieden kunnen dan nog meer punten gevonden worden.

Punten: één oplossing: 1 punt; twee oplossingen: 2 punten; zes oplossingen: 3 punten; veertien oplossingen: 4 punten.

5, p. 2: De activatiewaarde van Knoop 2 vernieuwen. De netwerktoestand is $t = (1, -1, 1, 1)$, en de gewichten op Rij 2 zijn $w_2 = (2, 0, -3, 4)$ [matrix is symmetrisch].

$$a_2(t+1) = \mathrm{sign}\left(\sum_{j=1}^{n} w_{ji} a_j(t)\right) = \mathrm{sign}[2 \cdot 1 + 0 \cdot (-1) + (-3) \cdot 1 + 4 \cdot 1] = 1.$$

De activatiewaarde van Knoop 2 gaat dus van -1 naar 1. De netwerktoestand wordt dus $t = (1, 1, 1, 1)$.

De activatiewaarde van Knoop 1 vernieuwen. De netwerktoestand is $t = (1, 1, 1, 1)$, en de gewichten op Rij 1 zijn $w_2 = (0, 2, -1, -5)$.

$$a_1(t+1) = \mathrm{sign}\left(\sum_{j=1}^{n} w_{ji} a_j(t)\right) = \mathrm{sign}[0 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + (-1) \cdot 1 + (-5) \cdot 1] = -1.$$

De activatiewaarde van Knoop 1 gaat dus van 1 naar -1. De netwerktoestand wordt dus $t = (-1, 1, 1, 1)$.

Punten: er zijn 2 updates; 2 punten voor elke correcte update.

6a, p. 2: In de volgende tabel representeert c de cumulatieve correctie. Er geldt:

$$c_{\text{nieuw}} = c_{\text{oud}} + (d - y)$$

De gewichten worden tussentijds niet ge-update; alleen op het eind gebeurt dat één keer. Dan geldt

$$w_i^{\text{nieuw}} = w_i^{\text{oud}} + \alpha \cdot c,$$

voor $i = 1, 2$.

```
 x1     x2     t      y      c1     c2     c3     w0     w1     w2
                                                  0.40   0.70   0.20 INITIALISATIE
 0.00   0.00   1.00   0.40   0.60   0.00   0.00
-1.00   0.00  -0.50  -0.30   0.40   0.20   0.00
 1.00   0.00   0.00   1.10  -0.70  -0.90   0.00
 0.00  -1.00   0.50   0.20  -0.40  -0.90  -0.30
                                                  0.20   0.25   0.05 AANPASSING
```

Punten: 1 voor de methode, 1 voor de uitkomst.

6b, p. 2: In de volgende tabel representeert c de onmiddellijke correctie. Er geldt:

$$c = d - y$$

De update verloopt hetzelfde als in het vorige geval, maar vindt nu elke keer plaats:

x1	x2	t	y	c1	c2	c3	w0	w1	w2	
							0.40	0.70	0.20	INITIALISATIE
0.00	0.00	1.00	0.40	0.60	0.00	0.00	0.70	0.70	0.20	AANPASSING
-1.00	0.00	-0.50	0.00	-0.50	0.50	0.00	0.45	0.95	0.20	AANPASSING
1.00	0.00	0.00	1.40	-1.40	-1.40	0.00	-0.25	0.25	0.20	AANPASSING
0.00	-1.00	0.50	-0.45	0.95	0.00	-0.95	0.22	0.25	-0.27	AANPASSING

Punten: 1 voor de methode, 1 voor de uitkomst.

6c, p. 2: De vier leervoorbeelden nemen we als kolommen op in

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

De eerste rij 1-en correspondeert met de invoer-coördinaat van w_0 die altijd 1 blijft: de bias. Het is ook toegestaan de bias op de laatste rij te zetten, maar dan krijgen e een andere matrix X en dus een andere uitwerking.

De doelwaarden nemen we als platte vector

$$Y = \begin{pmatrix} 1 & -1/2 & 0 & 1/2 \end{pmatrix}$$

De kleinste-kwadraten methode zegt dat

$$W = YX^T(XX^T)^{-1}$$

een gewichtenvector oplevert die de kwadratische fout t.o.v. de doelwaarden Y minimaliseert.

We willen W en gaan $YX^T(XX^T)^{-1}$ dus nu uitrekenen:

$$XX^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 0 & -1 \\ 0 & 2 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Inverse:

$$(XX^T)^{-1} = \begin{pmatrix} 4 & 0 & -1 \\ 0 & 2 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} 1/3 & 0 & 1/3 \\ 0 & 1/2 & 0 \\ 1/3 & 0 & 4/3 \end{pmatrix}.$$

Verder:

$$YX^T = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & -1/2 \end{pmatrix}$$

Dus:

$$YX^T(XX^T)^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & -1/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1/3 & 0 & 1/3 \\ 0 & 1/2 & 0 \\ 1/3 & 0 & 4/3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/6 & 1/4 & -1/3 \end{pmatrix}.$$

Punten: 1 voor de methode, 1 voor de uitkomst.

7a, p. 2: De graaf beeldt een invoer $(2, -1)$ af, maar bij a) wordt ineens invoer $(0.4, 0.8)$ gegeven. Dit is helaas een fout in de opgave. We rekenen beide versies door. Van beide versies worden de antwoorden goed gerekend.

Uitrekenen voor invoer $(2, -1)$:

$$\begin{array}{rlcll}
\text{Uitvoer } A\text{:} & o_A & = & 1/(1+e^{2}) & = & 0.881, \\
\text{Uitvoer } B\text{:} & o_B & = & 1/(1+e^{-1}) & = & 0.269, \\
\text{Activatie } C\text{:} & a_C & = & 3o_A - 2o_B & = & 2.105, \\
\text{Uitvoer } C\text{:} & o_C & = & 1/(1+e^{-2.105}) & = & 0.891, \\
\text{Activatie } D\text{:} & a_D & = & -4o_A + 6o_B & = & -1.910, \\
\text{Uitvoer } D\text{:} & o_D & = & 1/(1+e^{1.910}) & = & 0.129.
\end{array}$$

Uitrekenen voor invoer $(0.4, 0.8)$:

$$\begin{array}{rlcll}
\text{Uitvoer } A\text{:} & o_A & = & 1/(1+e^{0.4}) & = & 0.599, \\
\text{Uitvoer } B\text{:} & o_B & = & 1/(1+e^{0.8}) & = & 0.690, \\
\text{Activatie } C\text{:} & a_C & = & 3o_A - 2o_B & = & 0.416, \\
\text{Uitvoer } C\text{:} & o_C & = & 1/(1+e^{-0.416}) & = & 0.603, \\
\text{Activatie } D\text{:} & a_D & = & -4o_A + 6o_B & = & 1.745, \\
\text{Uitvoer } D\text{:} & o_D & = & 1/(1+e^{-1.745}) & = & 0.851.
\end{array}$$

Punten: 1 voor de methode, 1 voor de uitkomst.

7b, p. 2: Voor invoer $(2, -1)$: Fout $t_C - o_C = 0.9 - 0.891 = 0.009$, fout $t_D - o_D = 0.5 - 0.129 = 0.371$.

Voor invoer $(0.4, 0.8)$: Fout $t_C - o_C = 0.9 - 0.603 = 0.297$, fout $t_D - o_D = 0.5 - 0.851 = -0.351$.

Punten: 1 voor de methode, 1 voor de uitkomst.

7c, p. 2: Van achter naar voor de delta's uitrekenen (terugpropagatie). Voor invoer $(2, -1)$:

$$\begin{array}{lcr}
\delta_C = o_C(1-o_C)(t_C - o_C) & = & 0.001, \\
\delta_D = o_D(1-o_D)(t_D - o_D) & = & 0.042, \\
\delta_A = o_A(1-o_A)[\delta_C w_{AC} + \delta_D w_{AD}] & = & -0.017, \\
\delta_B = o_B(1-o_B)[\delta_C w_{BC} + \delta_D w_{BD}] & = & 0.049.
\end{array}$$

Voor invoer $(0.4, 0.8)$:

$$\begin{array}{lcr}
\delta_C = o_C(1-o_C)(t_C - o_C) & = & 0.071, \\
\delta_D = o_D(1-o_D)(t_D - o_D) & = & -0.044, \\
\delta_A = o_A(1-o_A)[\delta_C w_{AC} + \delta_D w_{AD}] & = & 0.094, \\
\delta_B = o_B(1-o_B)[\delta_C w_{BC} + \delta_D w_{BD}] & = & -0.088.
\end{array}$$

Punten: 1 voor de methode, 1 voor de uitkomst.

Einde van de numerieke antwoorden. Z.o.z. voor een samenvattng van Kirchner's artikel.

Samenvatting Kirchner, J. W. (1991). The Gaia hypotheses: Are they testable? Are they useful? Scientists on Gaia, pp. 38-46.

De Gaia hypothese veronderstelt dat de atmosfeer op aarde een gevolg is van een evenwicht dat door het plantenrijk in stand wordt gehouden. Deze hypothese werd in 1969 geïntroduceerd door de wetenschapper en NASA-medewerker James Lovelock en werd daarna besproken door verschillende andere personen. Kirchner beweert dat verschillende personen ook verschillende hypothesen presenteerden en bespraken. Volgens Kirchner bestaan er dus verschillende versies van de Gaia hypothese.

Kirchner stelt de volgende taxonomie voor, van zwak naar sterk:[1]

1. **Influential Gaia** (zwak): het leven ("biota") beïnvloedt zijn omgeving ("abiota"). Dit wordt niet verder geduid.
2. **Co-evolutionary Gaia** (zwak): het leven en zijn omgeving beïnvloeden elkaar middels Darwiniaanse processen.
3. **Homeostatic Gaia** (sterk): het leven beïnvloedt zijn omgeving zodat een evenwicht in stand wordt gehouden. Dit wordt niet verder geduid.
4. **Teleological Gaia** (sterk): het leven beïnvloedt zijn omgeving met als doel ("telos") het in stand houden van een evenwicht.
5. **Optimizing Gaia** (sterk): het leven beïnvloedt zijn omgeving met als doel optimale omstandigheden voor zichzelf te creëeren.

Influential Gaia en co-influential Gaia zouden dan de enige zwakke varianten zijn (volgt uit bovenaan p. 40: "So the first two statements ...").[2]

Vervolgens betoogt Kirchner dat zwakke Gaia-varianten al lang en breed besproken zijn in de wetenschappelijke literatuur, zij het niet met zo veel woorden. Kirchner haalt theorieën van Huxley en Spencer aan als voorbeelden.

Daarna beargumenteert Kirchner dat hypothesen toetsbaar moeten zijn, daar ze anders zinloos zijn. Hij heeft het over "the good, the bad, and the ugly" (een verwijzing naar Sergio Leone's western uit 1966) in de zin dat er respectievelijk ware, onware, en niet toetsbare theorieën zijn.[3] Vervolgens geeft Kirchner aan dat de Gaia hypothese vaak als metafoor gepresenteerd en toepast wordt, wat weliswaar tot de verbeelding spreekt, maar theorievorming in de weg staat. Een metafoor is een slechte hypothese, zo zegt Kirchner, omdat het vaak niet duidelijk is in welke zin de metafoor waar is.

Daarna stelt Kirchner voor om het te hebben over criteria die, naast toetsbaarheid, wél zinvol zijn. Hij stelt voor het criterium van *bruikbaarheid* serieus te nemen. Volgens Kirchner is een theorie bruikbaar als ze, zonder al te veel aannames, veel kunnen voorspellen en/of verklaren. Kirchner betoogt dat we om die reden niet veel aan de zwakke Gaia-varianten hebben, omdat ze zaken verklaren die we eigenlijk al lang wisten. Om dezelfde reden zijn sterke Gaia-varianten ook slecht bruikbaar, want waarom zouden we een expliciet regelmechanisme achter onze biotoop veronderstellen als we al een verklaring hebben in de vorm van natuurlijke selectie?

Daarna fileert Kirchner achtereenvolgens de drie sterke Gaia-varianten homeostatic Gaia teleological Gaia, en optimizing Gaia.

- Kirchner heeft tenminste twee bezwaren tegen homeostatic Gaia. Zijn eerste bezwaar is dat het begrip homeostase eigenlijk nooit duidelijk gedefinieerd is.

  Kirchner's tweede bezwaar is dat homeostatic

[1] Kirchner onderscheidt naar mijn mening in zijn betoog impliciet nog een zesde versie, die we **co-influential Gaia** zouden kunnen noemen: het leven en zijn omgeving beïnvloeden elkaar, en dit wordt niet verder geduid. Deze versie zou dan qua sterkte tussen influential en co-evolutionary Gaia in liggen.

[2] Zelf vind "middels Darwiniaanse processen" ook al een boude veronderstelling.

[3] Zelf zou ik het trouwens liever hebben over een tweedeling toetsbaar / niet toetsbaar.

Gaia een theorie is die naar bevestigende voorbeelden zoekt, terwijl wetenschap juist zou moeten zoeken naar ontkrachtende voorbeelden. Zie het zo: het toedichten van stabiliserende eigenschappen van leven omdat het je goed uitkomt, terwijl bekend is dat bijvoorbeeld tijdens het Precambrisch tijdperk het leven juist z'n omgeving de-stabiliseerde, doet denken aan opportunistisch shoppen.

- Kirchner's bezwaar tegen teleological Gaia is dat het ons tot nu toe nooit gelukt is een bedoeling te ontwaren in het evenwicht van onze biotoop en dat dit ons waarschijnlijk ook nooit zal lukken.
- Kirchner's bezwaar tegen optimizing Gaia is dat het niet duidelijk is wát de Gaia dan aan het optimaliseren is. Meer beesten? Meer biomassa? We weten het niet. Optimizing Gaia lijdt dus aan een definitieprobleem.

Het artikel sluit af met het herhalen van enkele standpunten.

1. Het hanteren van co-influential Gaia is prima, want toetsbaar, dus wetenschappelijk.
2. Het hanteren van Gaia als metafoor maar presenteren als hypothese is verwerpelijk want een metafoor is beeldspraak en geen hypothese.
3. Het hanteren van Gaia als stabilisator is een interessante mogelijkheid, maar laten we dan ook *alle* feedback loops meenemen.
4. Of Gaia een doel heeft of er op uit is optimale omstandigheden te creëeren is niet toetsbaar zolang Gaia's doel danwel Gaia's optimaliteit niet duidelijk zijn omschreven.