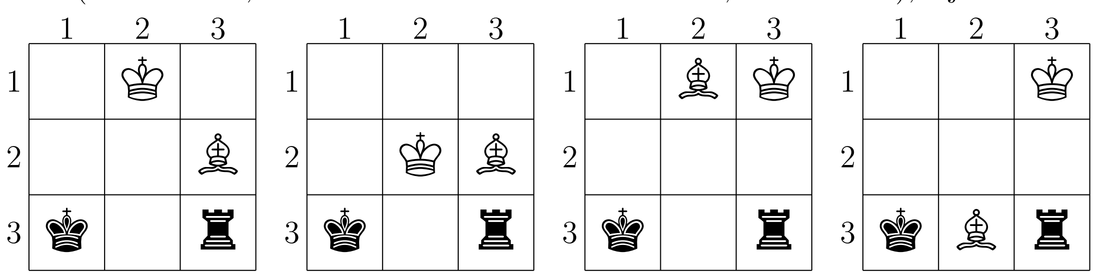
Uitwerking tentamen Kunstmatige intelligentie 18.6.2018

Opgave 1: **b**. De fringe is achtereenvolgens:
1) $\{\langle\{A,Z\}, f=0\rangle\}$; ontwikkel $\{A,Z\}$
2) $\{\langle\{W,W\}, f=24\rangle, \langle\{U,U\}, f=18\rangle, \langle\{U,W\}, f=12+h_1\rangle, \langle\{U,W\}, f=30+h_1\geq 30\rangle\}$ waarbij $h_1 = h(\{U,W\}) \leq 4$ (want admissibel); dus ontwikkel de eerste $\{U,W\}$
3) $\{\langle\{W,W\}, f=24\rangle, \langle\{U,U\}, f=18\rangle, \langle\{U,W\}, f=30+h_1\geq 30\rangle\}$ $\{\langle\{V,V\}, f=16\rangle, \langle\{V,Z\},$
$f\geq 18\rangle, \langle\{V,Z\}, f\geq 30\rangle, \langle\{V,A\}, f\geq 28\rangle, \langle\{V,A\}, f\geq 22\rangle, \langle\{A,Z\}, f\geq 24\rangle, \langle\{A,Z\}, f\geq 42\rangle, \langle\{A,A\}, f=34\rangle, \langle\{Z,Z\}, f=32\rangle\}$; ontwikkel $\{V,V\}$ en klaar
c. In de eerste stap is $f_{\text{lim}} = 0$, en maak je een DFS door het boompje met wortel $\{A,Z\}$ en diens vier kinderen $\{W,W\}$, $\{U,U\}$, $\{U,W\}_1$ en $\{U,W\}_2$. De laagste openstaande waarde, $12 + h(\{U,W\}) = 12 + h_1$, wordt de nieuwe f_{lim}. Als $h_1 = 4$, loop je in de tweede ronde een DFS door een boompje waarin doelknoop $\{V,V\}$ met $f = 16 \leq f_{\text{lim}}$ zit, waarop het algoritme stopt. Als $h_1 < 4$, krijg je nog een derde ronde met $f_{\text{lim}} = 16$, waarop het algoritme stopt.
d. Neem bijvoorbeeld $h(\{A,Z\}) = 13 \leq 16$ (blijft admissibel) en $h_1 = h(\{U,W\}) = 0$, dan geldt $h(\{A,Z\}) = 13 \not\leq 12 = 12+h_1$. (Voor consistentie moet gelden $h(n) \leq c(n,a,n') + h(n')$, waarbij $c(n,a,n')$ de kosten zijn als je via actie a van n naar n' gaat.)
In het A*-algoritme krijg je dat de f-waarde van $\{U,W\}$ 12 wordt, en dat is kleiner dan de waarde 13 in diens vader $\{A,Z\}$: de f-waarde daalt op het pad vanaf de wortel. Volgens de pathmax equation mag je de f-waarde in $\{U,W\}$ omhoog bijstellen naar 13.

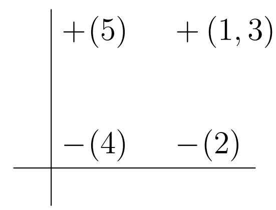
Opgave 2: **b**. De vier kinderen van de wortel, met daaronder de minimax-waarde van hun kinderen (de bladeren, de 15 kleinkinderen van de wortel; Wit is max), zijn:



0,0,6,0 — 0,6,−4 — 2,0,0,−3,0 — 2,0,−3

De kinderen krijgen minimax-waardes (het minimum van hun kinderen): 0,−4,−3,−3. En de wortel krijgt hun maximum, dus 0.
c. Dat wordt $(0-4-3-3)/4 = -2.5$ respectievelijk $\max(1.5, 0.67, -0.2, -0.33) = 1.5$.
d. Het gemiddelde voor Wit nemen is slechter voor Wit (dus die waarde wordt lager), het gemiddelde voor Zwart nemen is slechter voor Zwart.
e. Bekijk de kleinkinderen in (bijvoorbeeld) deze volgorde: 0,6,−4 (wortel is nu ≥ -4) — 2,0,−3 (en nu ≥ -3) — 0,0,6,0 (en nu ≥ 0) — 2,0, prune de andere drie (en dus is deze kindknoop ≤ 0, en de wortel gelijk aan 0).
Je kunt ook het drie keer prunen als volgt interpreteren: doe eerst 0,0,6,0, wortel is dan ≥ 0; zorg er dan drie keer voor dat het eerste kleinkind bij een kindknoop ≤ 0 is, waardoor diens broers/zussen afvallen.

Opgave 3: **b**. Met `opl` in de wortel krijg je als kinderen een 2–1 verdeling (voorbeelden 1 en 3 zijn positief, 2 is negatief) en een 1–1 verdeling. De entropie na afloop is $\approx \frac{3}{5} \cdot 0.9 + \frac{2}{5} \cdot 1 = 0.94$.
Met `erv` in de wortel krijg je als kinderen een 2–0 verdeling, een 0–1 verdeling en een 1–1 verdeling. De entropie na afloop is $\frac{2}{5} \cdot 0 + \frac{1}{5} \cdot 0 + \frac{2}{5} \cdot 1 = 0.4$.
Met `enth` in de wortel krijg je als kinderen een 3–0 verdeling, en een 0–2 verdeling. De entropie na afloop is dus 0, en dit is veruit de beste keus.
c. Attributen met veel verschillende waardes worden bevoordeeld. Attributen met continue waardes zijn lastig. Elkaar tegensprekende voorbeelden zijn lastig. De methode is "gretig".
d. (Merk op dat voorbeelden (1) en (3) hetzelfde worden.) We krijgen een situatie als hiernaast, die lineair te scheiden is met een horizontale lijn — en dus te leren.
Als je de $-$ en de $+$ in de linker-kolom van het plaatje, dus bij (4) en (5), wisselt wordt het een XOR, en is het niet meer lineair te scheiden, en kan een perceptron het dus niet leren. Je kunt ook (1) en (3) elkaar laten tegenspreken, maar dat is eigenlijk minder leuk.



Opgave 4: **a.** Acht stuks, namelijk: $P(v)$, $P(e|v)$, $P(e|\overline{v})$, $P(w)$, $P(s|e,w)$, $P(s|\overline{e},w)$, $P(s|e,\overline{w})$ en $P(s|\overline{e},\overline{w})$.
b. $P(S|E,V) = P(S|E)$
c. Er moet gelden 1) $P(s|\overline{e},\overline{w}) = 0$ en 2) $P(\overline{s}|e,w) = P(\overline{s}|e,\overline{w}) \cdot P(\overline{s}|\overline{e},w)$. (En er geldt altijd $P(s|\ldots) + P(\overline{s}|\ldots) = 1$.) Dat kun je krijgen door $P(s|e,w) = 0.75$ te nemen. Of door $P(s|\overline{e},w)$ (of $P(s|e,\overline{w})$) 0 te maken; maar voor een Noisy-OR mag dat eigenlijk niet, beide moeten afzonderlijk het effect kunnen realiseren.
d. Causaal: $P(e|v)$, diagnostisch: $P(v|e)$, intercausaal: $P(w|s,\overline{v})$ (van **e**) en mixed: $P(e|v,s)$.
e. Met Bayes: $P(w|s,\overline{v}) = P(s|w,\overline{v})P(w|\overline{v})/P(s|\overline{v})$. Verder geldt $P(w|\overline{v}) = P(w)$, $P(s|w,\overline{v}) = P(s|e,w)P(e|\overline{v}) + P(s|\overline{e},w)P(\overline{e}|\overline{v})$ en $P(s|\overline{v}) = P(s|e,w)P(w)P(e|\overline{v}) + P(s|\overline{e},w)P(w)P(\overline{e}|\overline{v}) + P(s|e,\overline{w})P(\overline{w})P(e|\overline{v}) + P(s|\overline{e},\overline{w})P(\overline{w})P(\overline{e}|\overline{v})$.

Opgave 5: **a**. Performance: regels gehoorzamen, doelpunten maken; Environment: speelveld, bal, andere spelers; Sensoren: camera's, druksensor; Actuatoren: trapbeweging met benen, duwbewegingen met armen, koppen met hoofd.
b. Als je "altijd" kunt winnen, in elke stand, met een echte spelstrategie, heb je het sterk opgelost; als dit alleen zo is voor beginstand: zwak; en als je het alleen zeker weet, maar niet kunt spelen: ultra-zwak.
c. We berekenen $\frac{\partial E}{\partial w} = (y-t)^3 \cdot \frac{\partial y}{\partial w} = (y-t)^3 \cdot g'(w \cdot a + \ldots) \cdot a$, wat leidt tot updateregel $w \leftarrow w - \alpha \cdot (y-t)^3 \cdot g'(w \cdot a + \ldots) \cdot a$. Hierbij is α de leersnelheid. Let op het minteken, de gradient wijst juist in de richting waarin de fout het sterkste toeneemt.

Voor de overige onderdelen (**1a**, **2a**, **3a**): zie boek en/of sheets.