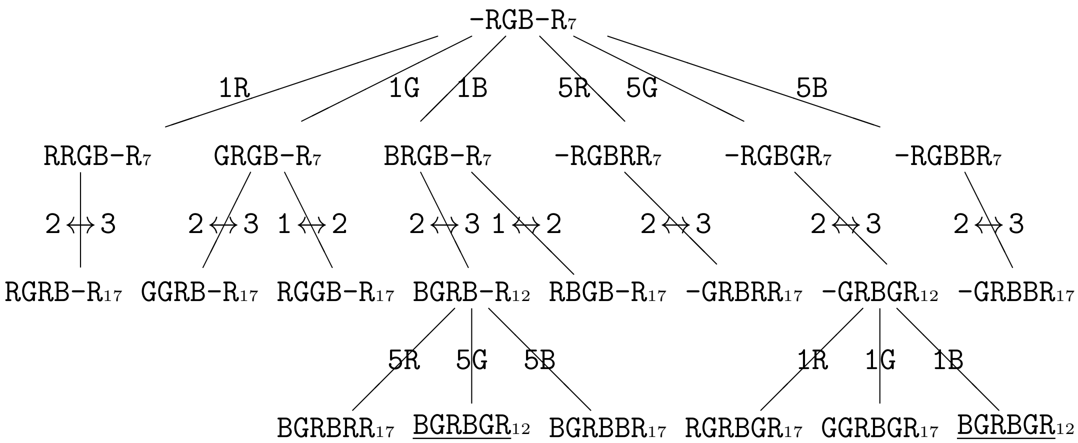
Uitwerking tentamen Kunstmatige intelligentie 13.6.2024

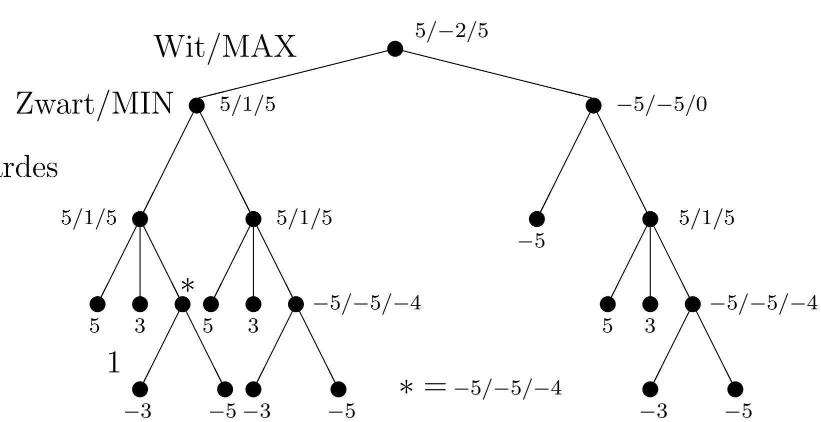
Opgave 1:
b. Noteer `-RGB-R` voor de kleuren van de knopen 1–6 in de beginpositie, met de f-waarde er klein naast; en `1R` betekent "kleur knoop 1 rood" en `2`↔`3` betekent "wissel (verschillende) kleuren van knopen 2 en 3".



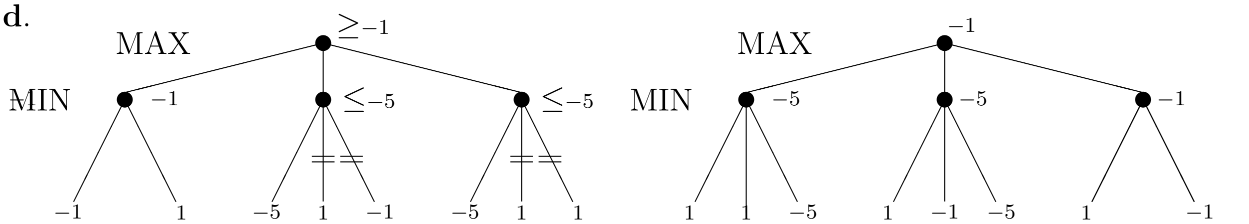
De frontier begin met alleen de wortelknoop, die vervangen wordt door diens zes kinderen, alle met f-waarde 7. Deze worden in een of andere volgorde ontwikkeld. Dan staan er twee knopen met f-waarde 12 vooraan, gevolgd door vijf met f-waarde 17. Na het ontwikkelen van de knopen met f-waarde 12 komen er nog wat met f-waarde 17 bij, maar wordt ook op enig moment een doelknoop <u>`BGRBGR`</u> ontwikkeld (daar zijn er twee van).
De heuristiek h_1 is admissibel (dat wil zeggen: overschat nooit), want je moet absoluut alle ongekleurde knopen een keer kleuren, en als er buren dezelfde kleur hebben minstens één keer wisselen.
c. Er moet voor h gelden dat $h(n) \leq c(n, a, n') + h(n')$ als je via actie a met kosten $c(n, a, n')$ van knoop n naar knoop n' gaat. Als je bij A* de f-waardes langs een pad ziet dalen, is de heuristiek niet consistent.
d. Als je actie een knoop kleurt (kosten 1) gaat de heuristiek-waarde met 1 omlaag, maar wellicht ook weer met 5 omhoog (omdat er een gekleurd buurpaar kan ontstaan terwijl dat er niet was). Dus dat is goed. Als je buren wisselt, kosten 10, gaat de waarde misschien met 5 omhoog of omlaag, maar dat gaat ook goed.
e. Met h_1 is f_{lim} achtereenvolgens 7 en 12: 2 rondes. Met h_2 is f_{lim}: 0, 1, 11 en 12: 4 rondes.

Opgave 2:
b/c.

De waardes van **c** staan naast de waardes van **b**, Wit random in het midden.
In de interne knopen moeten eigenlijk spelborden staan.



d.



Er komt -1 uit. In de linker boom kunnen twee maal de twee bladeren rechtsonder gesnoeid worden: hun ouderknoop wordt hoogstens -5, en de wortel is al minstens -1. Daar veranderen die bladeren niets aan. Merk op dat het α-β-algoritme niet weet en ook niet gebruikt dat -5 de allerlaagste waarde is die in het spel bereikt kan worden.
In de rechter boom kan niets gepruned worden.

Opgave 3:
b. Een attribuut met veel (hier 5) mogelijke waardes is nooit goed. Als je het hier doet ben je in één keer klaar, je krijgt een decision stump die het "perfect" doet.
c. De entropie vooraf is $-\frac{4}{8}\log\frac{4}{8} - \frac{4}{8}\log\frac{4}{8} = 1$. Dat kun je ook meteen zeggen, het is een fifty-fifty.
Na gebruik van `mo` wordt dat $\frac{3}{8}\cdot 0 + \frac{2}{8}\cdot 1 + \frac{3}{8}\cdot 0 = \frac{2}{8}$ (zie boom linksonder), na gebruik van `ko` of `gr` wordt dat $\frac{2}{8}\cdot 0 + \frac{2}{8}\cdot 0 + \frac{4}{8}\cdot 1 = \frac{4}{8}$ (zie bomen rechtsonder). Dus `mo` is het beste in de wortel, want dat geeft de laagste entropie na afloop.

	`mo`			`ko`			`gr`		
	$-$	$\approx$	$+$	\$	\$\$	\$\$\$	$-$	$\pm$	$+$
	2−	4−	1+	4−	5+	1+	2−	4−	1+
	3−	6+	5+	7−	8+	2−	3−	7−	6+
	7−		8+			3−	5+		
						6+	8+		
entropie:	0	1	0	0	0	1	1	0	0

Dan moet je de gevallen 4 en 6 nog aanpakken, en die kun je met zowel `ko` als `gr` uit elkaar houden (entropie 0 na afloop), en beter kan het niet. We kiezen `ko` (maar `gr` mag ook).
Je krijgt een boompje met wortel `mo`, met kinderen `mo` $\xrightarrow{-}$ $-$, `mo` $\xrightarrow{+}$ $+$ en `mo` $\xrightarrow{\pm}$ `ko`. En `ko` krijgt kinderen `ko` $\xrightarrow{\$}$ $-$, `ko` $\xrightarrow{\$\$\$}$ $+$ en (!) $\xrightarrow{\$\$}$ $-$ (geen voorbeelden: "majority-waarde" van de ouderknoop, of hier dan maar een $-$, maar $+$ mag ook).
d. Als we in voorbeeld 4 \$ $\to$ \$\$ en $\pm \to +$ veranderen, zijn de voorbeelden niet meer lineair te scheiden, en kan een perceptron het dus niet leren. Maak maar een eenvoudige tekening met assen `ko` en `gr`.

Opgave 4:
b. Ouders, kinderen co-ouders van R, dus N, W, E en U.
d. $\mathbb{P}(\neg r \mid n, e) = \mathbb{P}(e \mid \neg r, n)\ \mathbb{P}(\neg r \mid n) \,/\, \mathbb{P}(e \mid n)$ (Bayes). Het is overigens een "mixed" query. Merk op dat $\mathbb{P}(e \mid \neg r, n) = \mathbb{P}(e \mid \neg r)$ (voorwaardelijke onafhankelijkheid).
Verder $\mathbb{P}(\neg r \mid n) = \mathbb{P}(\neg r \mid n, w)\ \mathbb{P}(w) + \mathbb{P}(\neg r \mid n, \neg w)\ \mathbb{P}(\neg w)$, waarbij $\mathbb{P}(w)$ wordt uitgerekend via $\mathbb{P}(w) = \mathbb{P}(w \mid h)\ \mathbb{P}(h) + \mathbb{P}(w \mid \neg h)\ \mathbb{P}(\neg h)$.

Dan $\mathbb{P}(e \mid n) = \mathbb{P}(e \mid r, u)\ \mathbb{P}(r \mid n, w)\ \mathbb{P}(u)\ \mathbb{P}(w) + \mathbb{P}(e \mid \neg r, u)\ \mathbb{P}(\neg r \mid n, w)\ \mathbb{P}(u)\ \mathbb{P}(w) + \ldots$, met nog zes termen waarbij $u \to \neg u$ en $w \to \neg w$.
Tot slot: $\mathbb{P}(e \mid \neg r) = \mathbb{P}(e \mid \neg r, u)\ \mathbb{P}(u) + \mathbb{P}(e \mid \neg r, \neg u)\ \mathbb{P}(\neg u)$.

Opgave 5: (De uitwerking is vrij compact.)
a. Voor Performance gaat het over privacy, efficiency, eerlijkheid, comfort van het wedkantoor. De Environment is het wedkantoor, de andere gokkers. De Actuatoren: drukknoppen en formulieren voor het wedden, geldautomaten en paslezers. En Sensoren: beeldschermen en geluidsboxen, lijsten met oude uitslagen en prestaties.
b. Niet differentieerbaar in 0, identiek 0 voor negatieve getallen, en loopt weg naar ∞ voor grote positieve waarden.
c. De losse y mag en moet wel `true` zijn: unit propagation. En de u komt alleen als $\neg u$ voor, en mag dus `false` gemaakt worden: pure literal elimination.

Let op: antwoorden die je op de sheets kunt vinden, zoals **1a**, **2a**, **3a**, **4a** en **4c**, staan niet vermeld.