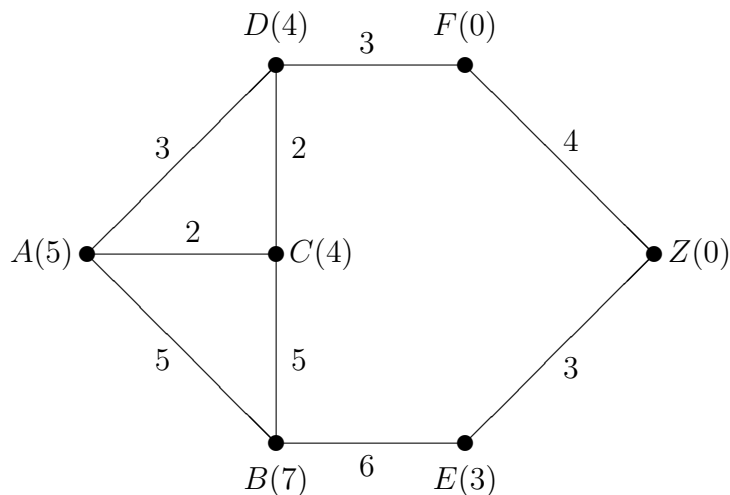


Oude tentamens Kunstmatige intelligentie

Universiteit Leiden — Informatica — 2005

Opgave 1. A* (20/100 punten; tentamen 1 juni 2001)

- (5 punten) Leg het A*-algoritme uit.
- (2 punten) Wanneer heet een heuristisch *toelaatbaar* (= admissible)?
- (4 punten) Wat is de *pathmax equation* en waarvoor wordt deze gebruikt?
- (5 punten) Voer het A*-algoritme uit voor onderstaande graaf. Gebruik zonodig de *pathmax equation*. Beginknoop is A, doelknoop is Z. Bij de knopen staat tussen haakjes de (overigens toelaatbare) heuristische functie. De kostenfunctie staat naast de takken van de graaf. Geef duidelijk aan hoe het algoritme verloopt.



- (4 punten) Wat is de effectieve vertakkingsgraad (= *effective branching factor*) b^* in dit geval? Geef de betreffende formule.

Opgave 2. α - β -algoritme (20/100 punten; tentamen 1 juni 2001)

We bekijken het volgende spel voor twee personen. Het bestaat uit een drie bij drie bord met daarop de getallen 1 tot en met 9, en wel als volgt gerangschikt:

3	8	9
2	4	6
5	1	7

De eerste speler kiest een getal. De tweede speler kiest nu een getal dat in een andere rij en een andere kolom moet staan. De uitslag van het spel wordt bepaald door het getal uit de enige rij en kolom die nog nooit zijn aangewezen. Als dat lager dan 5 is heeft de eerste speler gewonnen, is het hoger dan 5 dan heeft de tweede speler gewonnen, en als het 5 is is het remise. Een voorbeeld: de eerste speler kiest 8, de tweede 5; de uitslag van het spel wordt bepaald door het getal 6: de tweede speler wint, en wel met 6 (het overblijvende getal) flippo's.

- (5 punten) Geef het gedeelte van de spelboom (= game tree) dat hoort bij de situatie waarbij de eerste speler een getal uit de eerste rij (dus 3, 8 of 9) kiest. Broerknopen worden in oplopend gesorteerde volgorde genoteerd.

- b. (5 punten) Beschrijf in woorden het *minimax-algoritme*.
- c. (5 punten) Voer dit uit voor de spelboom van a.
- d. (5 punten) Voer ook het α - β -*algoritme* uit voor deze spelboom, en geef duidelijk aan waar eventueel gesnoeid (= “gepruned”) wordt. Geef ook een korte rechtvaardiging voor dit snoeien.

Opgave 3. ID3 (20/100 punten; tentamen 1 juni 2001)

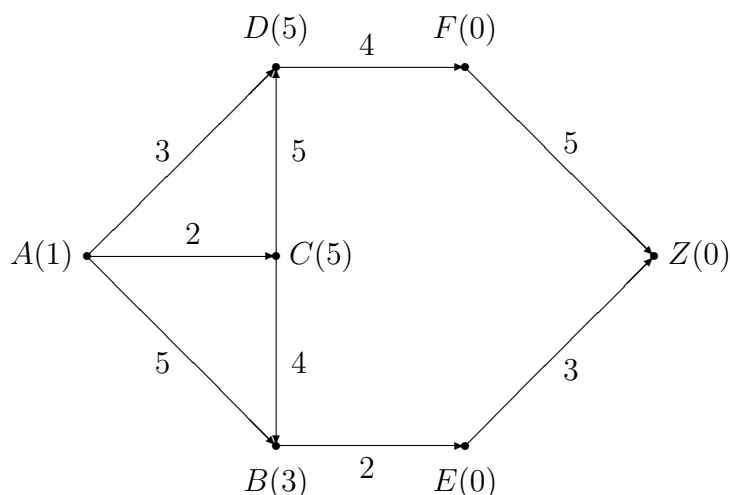
We hebben een database waarin een aantal voorbeelden aan de hand van een stel attributen beschreven worden; verder hebben we een Ja/Nee-classificatie voor deze voorbeelden.

- a. (10 punten) Leg uit hoe het *ID3-algoritme* werkt. Bij de uitleg mag vrijelijk gebruik gemaakt worden van de entropie $I(p/(n+p), n/(n+p))$ (p is het aantal positieve voorbeelden, n het aantal negatieve), zonder deze nader uit te leggen of te definiëren.
- b. (5 punten) Geef een mogelijke oplossing voor het probleem dat zich voordoet als er bij het splitsen elkaar tegensprekende voorbeelden zijn.
- c. (5 punten) Geef een mogelijke aanpassing van het algoritme die voorkomt dat bij het splitsen attributen met zeer veel mogelijke waarden (zoals de datum) gekozen worden.

Opgave 4. Genetische algoritmen (20/100 punten; tentamen 1 juni 2001)

Stel dat we een lesrooster voor een school moeten maken, en dat we dat met een *genetisch algoritme* willen doen.

- a. (5 punten)
Geef (in woorden) globaal aan hoe een eenvoudige codering van de oplossingen er uit zou kunnen zien.
- b. (5 punten) Geef (in woorden) aan hoe een evaluatiefunctie (= fitnessfunctie) er uit zou kunnen zien.
- c. (5 punten) Geef de drie standaard operatoren van een genetisch algoritme, waarbij één van de drie ook speciaal op dit probleem toegesneden moet zijn. Leg ze kort uit.
- d. (5 punten) Wanneer heet een genetisch algoritme *elitair*?



Opgave 5. A* en IDA* (20/100 punten; tentamen 13 augustus 2001)

- a. (6 punten) Leg het A*-algoritme en het IDA*-algoritme uit.
- b. (3 punten) Wanneer heet een heuristisch *toelaatbaar* (= admissible)?
- c. (5 punten) Wat is de *pathmax equation* en waarvoor wordt deze gebruikt?
- d. (6 punten) Voer het IDA*-algoritme uit voor bovenstaande gerichte graaf. Gebruik zonnig de *pathmax equation*. Beginknoop is A, doelknoop is Z. Bij de knopen staat tussen haakjes de (overigens toelaatbare) heuristische functie. De kostenfunctie staat naast de takken van de graaf. Geef duidelijk aan hoe het algoritme verloopt.

Opgave 6. α - β -algoritme (20/100 punten; tentamen 13 augustus 2001)

We spelen een variant van het *Nim-spel*, en wel met een tafel waarop 6 lucifers liggen. De beide spelers pakken om beurten 1, 2 of 3 lucifers. Als je lucifers moet pakken, terwijl die er niet meer zijn, heb je verloren.

- a. (5 punten) Teken de bijbehorende spelboom tot en met diepte 2 (wortel op diepte 0). Er zijn dus 9 bladeren. Evalueer de bladeren met de volgende evaluatiefunctie f , waarbij x het aantal lucifers op tafel is, $y = 1$ als de eerste speler (MAX) aan de beurt is en $y = -1$ als de tweede speler (MIN) aan de beurt is: $f(0, y) = -7y$ en $f(x, y) = (6 - x)y$ voor $x \neq 0$.
- b. (5 punten) Voer het *minimax-algoritme* uit voor de spelboom van a, en geef uitleg hierover.
- c. (5 punten) Voer ook het *α - β -algoritme* uit voor deze spelboom, en geef duidelijk aan waar eventueel gesnoeid (= “gepruned”) wordt. Geef ook een korte rechtvaardiging voor dit snoeien.
- d. (5 punten) Als bij c *niet* gesnoeid werd, geef dan een volgorde van kinderen en kleinkinderen waarbij *wel* gesnoeid wordt. Maar als bij c *wel* gesnoeid werd, geef dan een volgorde van kinderen en kleinkinderen waarbij *niet* gesnoeid wordt; geef ook nu weer een korte rechtvaardiging voor dit snoeien.

Opgave 7. Bayesiaanse netwerken (20/100 punten; tentamen 13 augustus 2001)

Lex en Mary gaan soms uit, en komen elkaar dan wel eens tegen. Of ze uitgaan hangt vooral van het weer af. We hebben de volgende kansen, waarbij Z staat voor zonnig weer, L respectievelijk M voor Lex/Mary gaat uit, en O voor ontmoeting; een streep boven een letter staat voor de ontkenning: zo betekent \bar{Z} niet zonnig. Er geldt: $P(Z) = 0.3$, $P(L|Z) = 0.6$, $P(L|\bar{Z}) = 0.1$, $P(M|Z) = 0.8$, $P(M|\bar{Z}) = 0.3$, $P(O|L, M) = 0.9$, $P(O|\bar{L}, M) = 0.5$, $P(O|L, \bar{M}) = 0.5$ en $P(O|\bar{L}, \bar{M}) = 0.0$.

- a. (3 punten) Teken het bijbehorende belief netwerk.
- b. (4 punten) Wat is de kans dat het zonnig is gegeven dat Lex en Mary elkaar ontmoeten? (Geef zonder al te veel details aan hoe de berekening verloopt.)
- c. (4 punten) En wat is de kans dat Lex en Mary elkaar ontmoeten als het zonnig is?
- d. (5 punten) Er zijn vier soorten queries; noem deze en leg ze kort uit. Tot welke soort horen de queries van b en c?
- e. (4 punten) Maak een nieuw netwerk, waarbij de twee knopen die met uitgaan te maken hebben gecombineerd worden tot één knoop. Geef de bijbehorende voorwaardelijke kansstabellen. Wat is het voordeel van een dergelijke aanpassing van het netwerk?

Opgave 8. Neurale netwerken (20/100 punten; tentamen 13 augustus 2001)

We willen met behulp van een *neuraal netwerk* op grond van tijdstip, temperatuur en precieze locatie een voorspelling maken voor windrichting en waterhoogte in een haven.

Daartoe maken we een netwerk met drie invoerknoppen, drie verborgen knopen, en vijf uitvoerknoppen (waaronder vier voor de windrichting: N/O/Z/W).

a. (5 punten) Leg uit waar “bias-kopen” (extra -1 -inputs) voor nodig zijn. Ons netwerk krijgt er twee.

b. (5 punten) Teken de netwerkkarchitectuur. Geef kort in woorden aan hoe het *BackPropagation* algoritme werkt.

c. (7 punten) De leerregel voor gewichten $W_{j,i}$ van verborgen laag naar uitvoerlaag luidt: $W_{j,i} \leftarrow W_{j,i} + \alpha \times a_j \times Err_i \times g'(in_i)$. Leg de hier gebruikte notaties uit en leidt deze regel met “gradient descent” af uit de errorfunctie $E = 1/2 \sum_i Err_i^2$.

d. (3 punten) Er is voor gekozen om de windrichting met vier uitvoerknoppen te coderen. Wat is hiervan een nadeel, en geef een andere mogelijkheid.

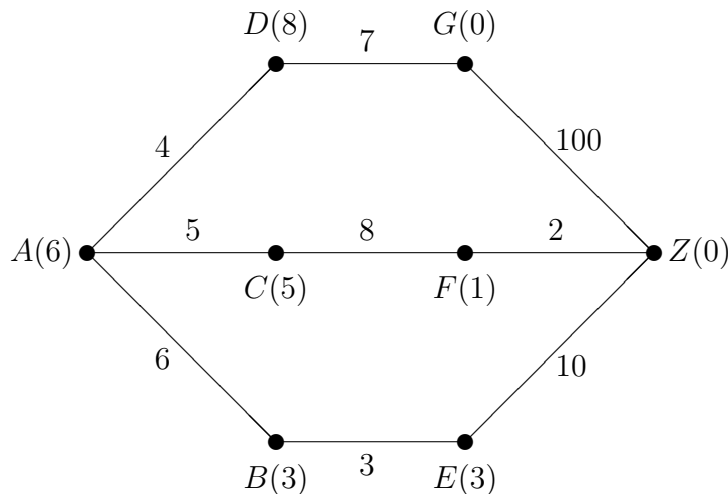
Opgave 9. A*/IDA* (20/100 punten; tentamen 5 juni 2002)

a. (6 punten) Leg het A*-algoritme en het IDA*-algoritme uit.

b. (2 punten) Noem een situatie waarin IDA* bijzonder slecht presteert.

c. (4 punten) Wat is de *pathmax equation* en waarvoor wordt deze gebruikt?

d. (8 punten) Voer zowel het A*-algoritme als het IDA*-algoritme uit voor onderstaande graaf. Gebruik zonodig de pathmax equation. Beginknoop is A , doelknoop is Z . Bij de knopen staat tussen haakjes de (overigens toelaatbare) heuristische functie. De kostenfunctie staat naast de takken van de graaf. Geef duidelijk aan hoe de algoritmes verlopen.



Opgave 10. α - β -algoritme (20/100 punten; tentamen 5 juni 2002)

We bekijken het volgende spel voor twee personen. Het speelt zich af op een drie bij drie bord met daarop de volgende getallen gerangschikt:

1	2	3
4	5	6
6	8	4

Het spel begint bij het middelste vakje met 5. De speler die aan de beurt is mag stoppen, en krijgt dan het getal uit het betreffende vakje. Anders wordt uit de vier directe burens (drie of twee bij randvakjes) eerlijk = random een vervolgvakje gekozen, en is de ander aan de beurt. De eerste speler wil een zo laag mogelijk getal, de tweede zo hoog mogelijk.

- a. (5 punten) Geef de *spelboom* (= *game tree*) die hierbij hoort. Bedenk zelf een geschikte notatie voor “kansknopen”. Neem aan dat beide spelers maximaal één maal aan de beurt komen.
- b. (5 punten) Beschrijf in woorden het *minimax-algoritme*.
- c. (5 punten) Voer dit uit voor de spelboom van a, inclusief evaluaties van kansknopen.
- d. (5 punten) Nu mag de speler *zelf* bepalen met welk buurvakje het spel verder gaat. Voer het α - β -*algoritme* uit voor deze spelboom, en geef duidelijk aan waar gesnoeid (= “gepruned”) wordt. Geef ook een korte rechtvaardiging voor dit snoeien. Zorg ervoor dat de ordening van de knopen zo is dat er zoveel mogelijk gesnoeid kan worden.

Opgave 11. Bayesiaanse netwerken (20/100 punten; tentamen 5 juni 2002)

- a. (5 punten) Of we gaan TV-kijken hangt af van het weer (mooi/gaat/slecht) en of we het druk hebben (ja/nee). Teken het bijbehorende *belief netwerk*, zowel voor iemand die in een strandtent werkt als voor een ambtenaar. Zorg voor twee verschillende netwerken, en maak de keuzes aannemelijk. Welke kanstabellen moeten gegeven worden?
- b. (5 punten) Er zijn vier soorten queries; noem deze en leg ze kort uit.
- c. (5 punten) Geef van elke soort query een voorbeeld uit een van de netwerken van a.
- d. (5 punten) In een verre toekomst hangen voor een ambtenaar zowel het weer als het feit dat we het druk hebben af van het humeur van de leider. Maak allereerst het bijbehorende belief netwerk. Leg uit wat de “cutset conditioning methode” is, hoe deze werkt aan de hand van dit netwerk, en waarvoor deze in het algemeen gebruikt wordt.

Opgave 12. ID3 (20/100 punten; tentamen 5 juni 2002)

We hebben een database waarin een aantal voorbeelden aan de hand van een stel attributen beschreven worden; verder hebben we een Ja/Nee-classificatie voor deze voorbeelden.

- a. (10 punten) Leg uit hoe het *ID3-algoritme* werkt. Geef hierbij de definitie van de entropie $I(p/(n+p), n/(n+p))$ (p is het aantal positieve voorbeelden, n het aantal negatieve). Geef met name aan wat er moet (kan) gebeuren in de vier verschillende “standaard”-gevallen, bijvoorbeeld als er bij het splitsen geen voorbeelden meer zijn.
- b. (5 punten) De volgende database geeft situaties uit het verleden aan. We willen een beslissingsboom maken om te kijken of we al of niet gaan TV-kijken, op grond van het weer en of we het druk hebben. Maak de twee mogelijke beslissingsbomen met hoogte 2.

dag	weer	druk	TV-kijken
1	mooi	ja	nee
2	slecht	nee	ja
3	gaat	nee	ja
4	mooi	ja	nee
5	gaat	ja	nee
6	slecht	ja	ja

- c. (5 punten) Reken voor de boom met als wortelvraag de vraag naar het weer, de entropiewinst (“gain”) uit voor deze eerste vraag.

Opgave 13. Neurale netwerken (20/100 punten; tentamen 5 juni 2002)

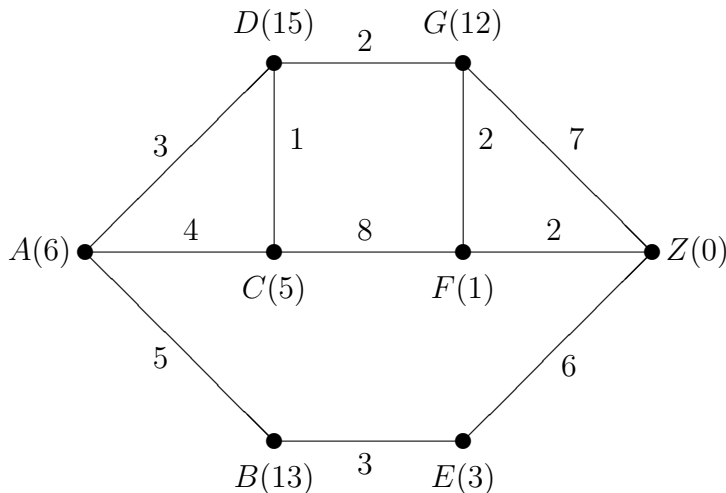
Stel we maken een *neuraal netwerk* met één invoerlaag en één uitvoerlaag, en geen verborgen lagen.

- a. (5 punten) Leg uit waar “bias-kopen” (extra -1 -inputs) voor nodig zijn.

- b.** (5 punten) Teken de netwerkarchitectuur. Geef kort in woorden aan hoe het *BackPropagation* algoritme werkt.
- c.** (7 punten) Leid met “gradient descent” de leerregel voor gewichten $W_{j,i}$ van invoerlaag naar uitvoerlaag af uit de errorfunctie $E = 1/2 \sum_i (T_i - O_i)^2$. Hierbij is T_i de i -de target, en O_i de i -de net-uitvoer. De i -de uitvoerknoop levert O_i zoals gebruikelijk door de g -functie los te laten op in_i , de met de $W_{j,i}$ ’s gewogen som van zijn invoeren. De j -de invoer is I_j .
- d.** (3 punten) Wat is *overfitting*?

Opgave 14. A*/IDA* (20/100 punten; tentamen 12 augustus 2002)

- a.** (6 punten) Leg het A*-algoritme en het IDA*-algoritme uit.
- b.** (2 punten) Noem een situatie waarin IDA* bijzonder slecht presteert.
- c.** (2 punten) Wanneer is een heuristische functie *admissibel* (= *toelaatbaar*)?
- d.** (2 punten) In onderstaande graaf is de beginknoop A , en de doelknoop Z . De kostenfunctie staat naast de takken. Bij de knopen staat tussen haakjes de heuristische functie. Vervang op de plaatsen waar deze functie niet admissibel is de waarde door 0.
- e.** (8 punten) Voer zowel het A*-algoritme als het IDA*-algoritme uit voor deze graaf. Gebruik zonodig de *pathmax equation*. Geef duidelijk aan hoe de algoritmes verlopen.



Opgave 15. α - β -algoritme (20/100 punten; tentamen 12 augustus 2002)

We bekijken het volgende spel voor twee personen. Het speelt zich af op een in eerste instantie leeg drie bij drie bord. Om en om, te beginnen met W, zetten de spelers W en Z een eigen schijf op een tot dan toe leeg vakje. Na twee zetten kan het er zo uit zien:

```

W   .   .
.   Z   .
.   .   .
  
```

De speler die de meeste vakje kan “zien” (als een dame in het schaakspel: horizontaal, verticaal en diagonaal) wint, en hoe meer verschil des te beter. Zijn het er evenveel, dan is het spel remise. In het voorbeeld ziet W er 4 en ziet Z er 7, en dus wint Z. Je kunt niet door andere schijven heen kijken; vakjes waar een schijf staat tellen niet mee.

- a.** (5 punten) Geef de *spelboom* (= *game tree*) die hierbij hoort. Neem aan dat beide spelers één maal aan de beurt komen. Gebruik zoveel mogelijk symmetrie!
- b.** (5 punten) Beschrijf in woorden het *minimax-algoritme*.

- c. (5 punten) Voer dit uit voor de boom van **a**. Maak zelf een geschikte evaluatiefunctie.
- d. (5 punten) Voer het α - β -*algoritme* uit voor de spelboom, en geef duidelijk aan waar gesnoeid (= “gepruned”) wordt. Geef ook een korte rechtvaardiging voor dit snoeien. Zorg ervoor dat de ordening van de knopen zo is dat er *zoveel mogelijk* gesnoeid kan worden.

Opgave 16. ID3 (20/100 punten; tentamen 12 augustus 2002)

We hebben een database waarin een aantal voorbeelden aan de hand van een stel attributen beschreven worden; verder hebben we een Ja/Nee-classificatie voor deze voorbeelden.

a. (10 punten) Leg uit hoe het *ID3-algoritme* werkt. Geef hierbij de definitie van de entropie $I(p/(n+p), n/(n+p))$ (p is het aantal positieve voorbeelden, n het aantal negatieve). Geef met name aan wat er moet (kan) gebeuren in de vier verschillende “standaard”-gevallen, bijvoorbeeld als er bij het splitsen geen voorbeelden meer zijn.

b. (5 punten) De volgende database geeft situaties uit het verleden aan. We willen een beslissingsboom maken om te kijken of een film goed of slecht is, op grond van de acteurs en de lengte. Maak de twee mogelijke beslissingsbomen met hoogte 2.

dag	acteurs	lengte	film goed?
1	slecht	kort	ja
2	goed	lang	ja
3	gaat	lang	ja
4	slecht	kort	nee
5	gaat	kort	nee
6	goed	kort	ja

c. (5 punten) Reken voor de boom met als wortelvraag de vraag naar de acteurs, de entropie-winst (“gain”) uit voor deze eerste vraag.

Opgave 17. Genetische algoritmen (20/100 punten; tentamen 12 augustus 2002)

Stel dat we een handelsreizigersprobleem op willen lossen, en dat we dat met een *genetisch algoritme* willen doen. Gegeven zijn steden en al hun onderlinge afstanden, gezocht een kortste route die alle steden bezoekt, en eindigt waar de route begonnen is.

a. (5 punten) Geef (in woorden) aan hoe een genetisch algoritme er in het algemeen uit ziet.

b. (5 punten) Geef (in woorden) aan hoe een *evaluatiefunctie* (= *fitnessfunctie*) er in dit speciale geval uit zou kunnen zien.

c. (5 punten) Geef aan hoe *crossover* en *mutatie* in dit speciale geval zouden kunnen werken.

d. (5 punten) Wanneer heet een genetisch algoritme *elitair*?

Opgave 18. A*/IDA* (20/100 punten; tentamen 25 juni 2003)

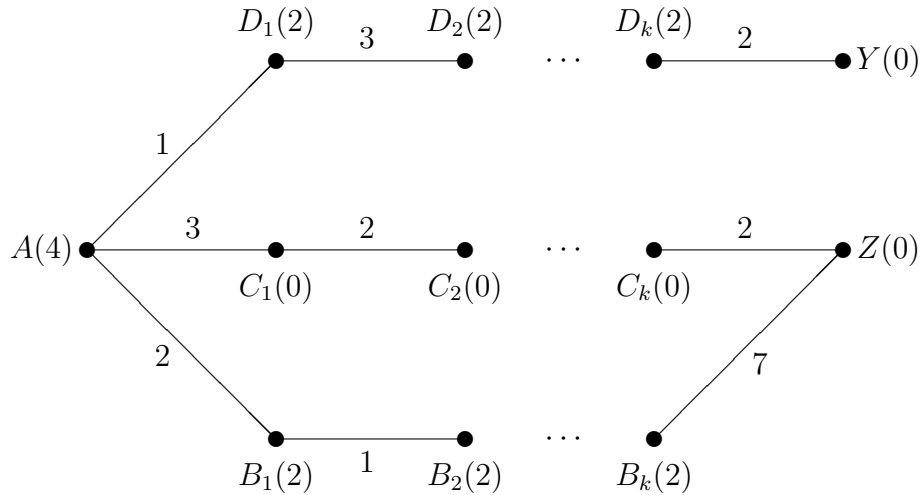
a. (6 punten) Leg het A*-algoritme en het IDA*-algoritme uit.

b. (3 punten) Stijgen bij het A*-algoritme de f -waarden langs de paden altijd? Zo nee, wat kun je hieraan doen?

c. (7 punten) Voer het A*-algoritme uit voor onderstaande graaf; hierbij is k een vast positief geheel getal, minstens 2. Gebruik zondig de pathmax equation. Beginknoop is A , doelknopen zijn Y en Z . Bij de knopen staat tussen haakjes de (overigens admissibele) heuristische functie. De kostenfunctie staat naast de takken van de graaf; tussen de B_i -knopen zit steeds gewicht 1, tussen de C_i 's steeds 2 en tussen de D_i 's steeds 3. Geef

duidelijk aan hoe het algoritme verloopt, en met name in welke volgorde de knopen ontwikkeld worden.

d. (4 punten) Leg uit waarom in dit geval het IDA*-algoritme niet zo prettig werkt.



Opgave 19. α - β -algoritme (20/100 punten; tentamen 25 juni 2003)

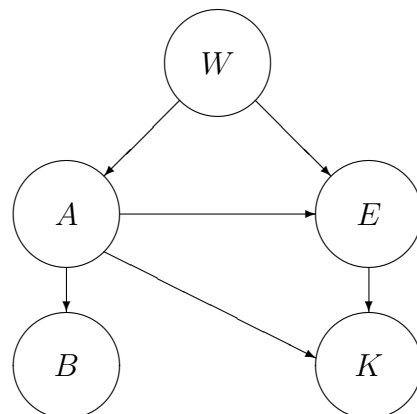
We bekijken het nevenstaande spel voor twee personen. Als speler I aan de beurt is wordt eerst een eerlijke munt geworpen. Is het kop, dan moet de speler de eerste *of* de tweede rij aanwijzen, anders de tweede *of* de derde. Bij speler II gaat het hetzelfde, alleen met de kolommen. Het getal op de kruising van de aangewezen rij en kolom bepaalt de einduitslag. Speler I wil uiteindelijk zo hoog mogelijk eindigen, speler II zo laag mogelijk.

6	8	3
1	2	5
9	2	4

- a. (5 punten) Geef de *spelboom* (= *game tree*) die hierbij hoort.
- b. (5 punten) Beschrijf in woorden het *minimax-algoritme*, ook voor het geval met kansen.
- c. (5 punten) Voer dit uit voor de spelboom van a.
- d. (5 punten) Voer het α - β -algoritme uit voor de spelboom zonder kansen, waarbij de speler die aan de beurt is de uitslag van de munt mag bepalen. Geef duidelijk aan waar gesnoeid (= "gepruned") wordt. Geef ook een korte rechtvaardiging voor dit snoeien. Zorg ervoor dat de ordening van de knopen zo is dat er zoveel mogelijk gesnoeid kan worden!

Opgave 20. Bayesiaanse netwerken (20/100 punten; tentamen 25 juni 2003)

a. (3 punten) We hebben een *Bayesiaans netwerk* voor het verband tussen het winnen van een prijs (W) en het blij zijn van een gezin, bestaande uit ouders Alfred (A) en Ellen (E), zoon Kurt (K) en hond Bonzo (B). We gebruiken kleine letters als volgt: b betekent dat Bonzo blij is, \bar{w} betekent dat de prijs niet gewonnen is, etcetera. Welke kanstabellen moeten gegeven zijn, en met welke kansen erin?



b. (2 punten) Geef een voorbeeld van een voorwaardelijke onafhankelijkheid, beginnend met $P(B|A) = \dots$

c. (3 punten) Druk de kans $P(b|\bar{w})$ dat Bonzo blij is, gegeven dat de prijs niet is gewonnen,

uit in uit de tabellen bekende kansen.

d. (4 punten) Idem voor Kurt: $P(k|\bar{w})$.

e. (4 punten) Druk de kans $P(a|\bar{b}, w)$ dat Albert blij is, gegeven dat de prijs is gewonnen, maar Bonzo niet blij is, uit in uit de tabellen bekende kansen.

f. (4 punten) Er zijn vier soorten queries; noem deze en leg ze kort uit. Tot welke soort(en) behoren de queries van **c**, **d** en **e**?

Opgave 21. Theorie (diversen) (20/100 punten; tentamen 25 juni 2003)

a. (5 punten) Leg de *least constraining value* heuristiek bij Constraint satisfaction problemen uit. Geef een voorbeeld voor een graafkleuringsprobleem.

b. (5 punten) De omgeving voor een agent kan statisch of dynamisch zijn. Wat betekent het tussengeval *semidynamisch*? Geef een voorbeeld.

c. (5 punten) Geef een voorbeeld van een eenvoudig niet lineair te scheiden probleem. Leg uit waarom een perceptron een dergelijk probleem niet kan oplossen.

d. (5 punten) Geef het verschil tussen single-point crossover en uniform crossover bij Genetische Algoritmen.

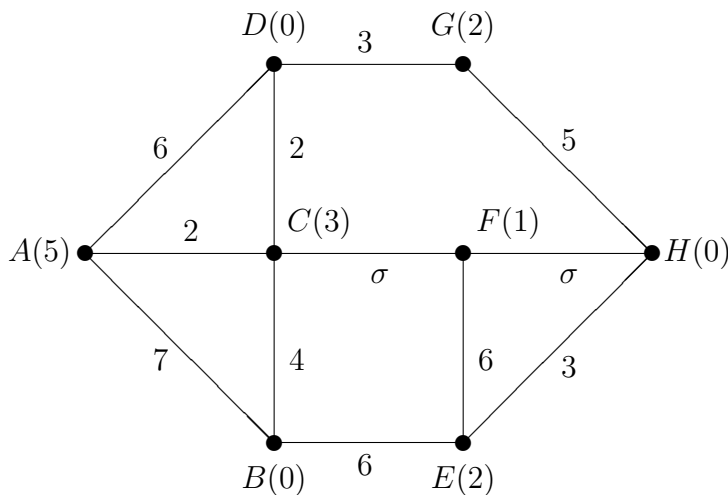
Opgave 22. A*/IDA* (20/100 punten; tentamen 4 juni 2004)

a. (6 punten) Leg het A*-algoritme en het IDA*-algoritme uit. Geef expliciet de formule voor f en denk aan de stop-conditie. Geef aan waarin A* en IDA* verschillen.

b. (3 punten) Stijgen bij het A*-algoritme de f -waarden langs de paden altijd? Zo nee, wat kun je hieraan doen?

c. (3 punten) Bekijk onderstaande ongerichte graaf. Beginknoop is A , doelknoop is H . Bij de knopen staat tussen haakjes de heuristische functie. De kostenfunctie staat naast de takken van de graaf. Geef aan voor welke waarden van $\sigma > 0$ de heuristiek admissibel is.

d. (8 punten) Voer het IDA*-algoritme uit voor deze graaf. Neem aan dat σ zo is dat de heuristiek admissibel is. Gebruik zondig de pathmax equation. Geef duidelijk aan hoe het algoritme verloopt, en met name in welke volgorde knopen ontwikkeld worden. Dit hangt af van de waarde van variabele σ !



Opgave 23. α - β -algoritme (20/100 punten; tentamen 4 juni 2004)

We bekijken het nevenstaande spel voor twee personen. Speler **A** kiest een getal en streept dit getal (bijvoorbeeld 3) en getallen er recht onder en rechts ervan (6 en 9) weg; dit moeten er samen minstens 3 zijn, dus bijvoorbeeld 8 of 9 mogen niet als eerste zet. Daarna doet Speler **B** analoog (bijvoorbeeld 1, en ook 2, 4 en 7 verdwijnen; 5 en 8 blijven). De som van de overgebleven getallen ($5 + 8 = 13$) is de uitkomst van het spel. Speler **A** wil uiteindelijk zo hoog mogelijk eindigen, speler **B** zo laag mogelijk — of juist andersom (%).

1	2	3
4	5	6
7	8	9

- (5 punten) Geef de *spelboom* (= *game tree*) die hierbij hoort.
- (5 punten) Beschrijf in woorden het *minimax-algoritme*.
- (5 punten) Voer dit uit voor de spelboom van **a**, voor beide opties bij (%).
- (5 punten) Voer het α - β -algoritme uit voor beide opties. Geef ook een korte rechtvaardiging voor het snoeien. Zorg ervoor dat de ordening van de knopen zo is dat er in beide gevallen zoveel mogelijk gesnoeid kan worden!

Opgave 24. Neurale Netwerken (20/100 punten; tentamen 4 juni 2004)

- (5 punten) Geef een Neuraal Netwerk met twee invoeren en één uitvoer, dat de XOR-functie (de “exclusieve of”) berekent.
- (5 punten) Waarom kan een netwerk zonder verborgen knopen de functie van **a** niet realiseren? Leg uit.
- (5 punten) Leid de *Backpropagation* update/leerregel voor een gewicht W_{ij} op de tak van verborgen knoop j naar uitvoerknoop i af. Gebruik leersnelheid α , doelwaarde T_i , net-uitvoer O_i en activatie a_j .
- (5 punten) Wat heeft *Ockham’s razor* te maken met het aantal verborgen knopen?

Opgave 25. Constraint Satisfaction Problemen (20/100 punten; tentamen 4 juni 2004)

We willen de knopen in de graaf van Opgave 22 met maximaal 3 kleuren zo kleuren dat aangrenzende knopen verschillend gekleurd zijn. We moeten uiteraard zo weinig mogelijk kleuren gebruiken.

- (4 punten) Formuleer dit als een *Constraint Satisfaction Problem*.
- (4 punten) Leg uit hoe de “most constrained variable” (= “minimum remaining values”) heuristiek werkt.
- (4 punten) Leg uit hoe de “most constraining variable” heuristiek werkt, en geef aan waar deze in het algemeen goed gebruikt kan worden.
- (4 punten) Leg uit hoe de “least constraining value” heuristiek werkt.
- (4 punten) Kleur de graaf van Opgave 22. Maak hierbij van alle drie de heuristieken minstens één maal verstandig gebruik, en geef duidelijk aan wanneer welke methode benut wordt.

Opgave 26. Theorie (diversen) (20/100 punten; tentamen 4 juni 2004)

- (5 punten) De omgeving voor een agent kan deterministisch of stochastisch zijn. Wat betekent het tussengeval *strategisch*? Geef van alle drie een voorbeeld.
- (10 punten) Leg uit hoe het *ID3-algoritme* om beslissingsbomen te maken werkt. De definitie van de entropie $I(p/(n+p), n/(n+p))$ (p is het aantal positieve voorbeelden, n het aantal negatieve) moet hierbij ook gegeven te worden. Geef met name aan wat er moet (kan) gebeuren in de vier verschillende “standaard”-gevallen, bijvoorbeeld als er bij het splitsen geen attributen meer zijn.
- (5 punten) Leg uit wat het verschil is tussen *single-point* en *uniform crossover* bij Genetische Algoritmen.