

English. Bokmål på side 7, nynorsk på side 11. I tilfelle du er usikker på betydningen av noen av begrepene (noen er ikke så lette å oversette), se på den engelske versjonen. **Answers in red text. If the student gets portions of the answer correct, reward accordingly.**

Problem 1

10 points total, 1 point each subtask. Answer each question with *True* or *False*.

- (a) Artificial intelligence was born when Alan Turing formulated the Turing Test. **False, the field is considered to be born in 1956 with the first AI workshop at Dartmouth College.**
- (b) Early advances in artificial intelligence were met with skepticism and doubt. **False, people were over-enthusiastic.**
- (c) The agent function maps percept sequences to action. **True**
- (d) The real world is fully observable. **False**
- (e) A taxi driving from A to B in traffic operates in a deterministic environment. **False**
- (f) A simple reflex agent has a small but limited short-term memory. **False, a reflex agent has no memory.**
- (g) Goal-based agents often rely on search and planning to find their goal. **True**
- (h) A utility-based agent is better suited in the real world than a learning agent, since it is able to estimate its own utility. **False, a learning agent is better suited to deal with the real world.**
- (i) Learning is necessary for complex agent behaviour to arise in a multi-agent setting. **False, complex behaviour can arise from very simple agents.**
- (j) Learning helps in a stochastic and continuous environment. **True**

Problem 2

10 points total, 1 point each subtask. Answer each question with *True* or *False*.

- (a) Intelligent agents are supposed to optimize their performance measure. **False, they are supposed to maximize their performance measure - to optimize the performance measure does not make sense.**
- (b) The vacuum world is not a toy problem. **False, it is a toy problem since it is an overly simplistic problem, also categorized as such in section 3.2.1.**

- (c) Redundant paths in a search tree are impossible to avoid. **False**
- (d) GRAPH-SEARCH is the same as TREE-SEARCH, only with history. **True**
- (e) Time complexity and space complexity are the two best ways to evaluate the performance of an algorithm. **False, you must also consider whether it is complete and optimal in addition to the two mentioned above.**
- (f) Blind search is also known as heuristic search. **False**
- (g) A graph with branching factor b and depth d can be solved in most cases by uninformed search. **False, since the time/space complexity will be exponential, it cannot be solved in most cases by uninformed search. It can be solved in a few cases where b and d are small.**
- (h) Bidirectional search reduces the time complexity with the square root. **True**
- (i) An heuristic estimates the cheapest cost from one node to the goal node, even if the path is impossible to execute. **True**
- (j) A* is the best known form of best-first search. **True**

Problem 3

10 points in total, points indicated for each subtask. Express tasks a , b and c using first-order logic, otherwise follow the instructions.

- (a) (1 point) All lectures are fun. $\forall x \text{Lecture}(x) \Rightarrow \text{Fun}(x)$
- (b) (1 point) There exists a lecture that is not fun. $\exists x \text{Lecture}(x) \wedge \neg \text{Fun}(x)$
- (c) (2 points) Siblinghood is a symmetric relationship (i.e. write how to express this relationship in first-order logic). $\forall x, y \text{Sibling}(x, y) \Leftrightarrow \text{Sibling}(y, x)$
- (d) (2 points) Express that “everyone dislikes vegetables” in two ways, using the “FOR ALL” quantifier in one sentence and “THERE EXISTS” quantifier in the other sentence, and the same predicate in both sentences. $\forall x \neg \text{Likes}(x, \text{Vegetables})$ is the same as $\neg \exists x \text{Likes}(x, \text{Vegetables})$
- (e) (4 points) Some siblings have different parents.
 $\exists x, y \text{Sibling}(x, y) \wedge (\exists p \text{Parent}(p, x) \wedge \neg \text{Parent}(p, y))$

Problem 4

10 points in total, 2 points each subtask.

- (a) What is another word for *unification*? **Substitution.** See 9.2.2 in AIMA, unification is described as $UNIFY(p, q) = \theta$ where $SUBST(\theta, p) = SUBST(\theta, q)$
- (b) What is the purpose of *Universal Instantiation*? **Infer any sentence obtained by substituting a ground term for the variable, it replaces a variable with a term to form a new sentence.**
- (c) *Existential Instantiation* is a special case of a more general process. What is the name of this general process? **Skolemization.**
- (d) What is the best known programming language that builds on backward chaining? **Prolog**
- (e) What is conjunctive normal form, and what is it used for? **CNF is a conjunction of clauses where each clause is a disjunction of literals. It is used for first-order resolution.**

Problem 5

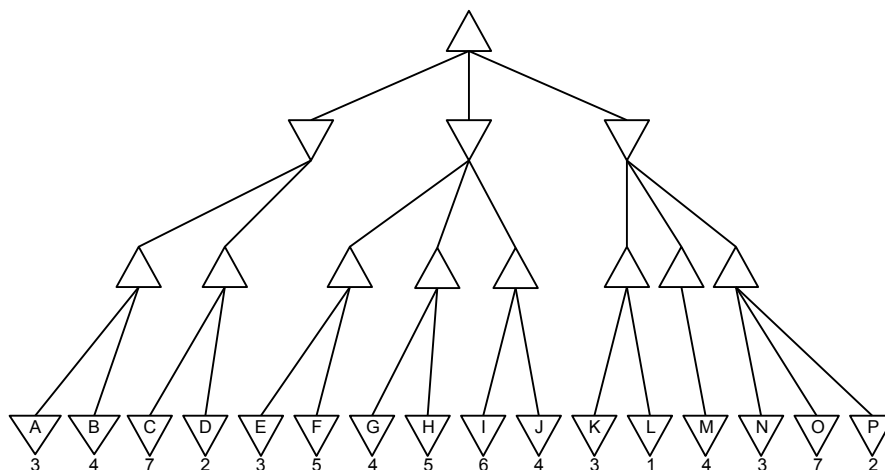
15 points. Points indicated in each subtask.

- (a) (2 points) What is the name of the tree structure in the figure below? **Minimax tree.**
- (b) (2 points) What does it represent? **An adversarial game.**
- (c) (5 points) Write down the node values that are missing in a breadth-first manner. **5 4 5 3 4 7 5 5 6 3 4 7**
- (d) (6 points) Apply alpha-beta pruning and write down the leaf nodes that won't get expanded. **D J M N O P**

Problem 6

20 points. Points indicated in each subtask.

- (a) (2 points) A* belongs to which class of search algorithms? **Informed.**
- (b) (2 points) What is the worst-case time complexity of A*? **Exponential, if the search space is unbounded. $O(b^d)$ It is sufficient to mention that it is exponential.**
- (c) (2 points) What does it mean to use an *admissible heuristic* in A* search? **The heuristic must not overestimate the distance to the goal, i.e. it must be an optimistic estimate.**

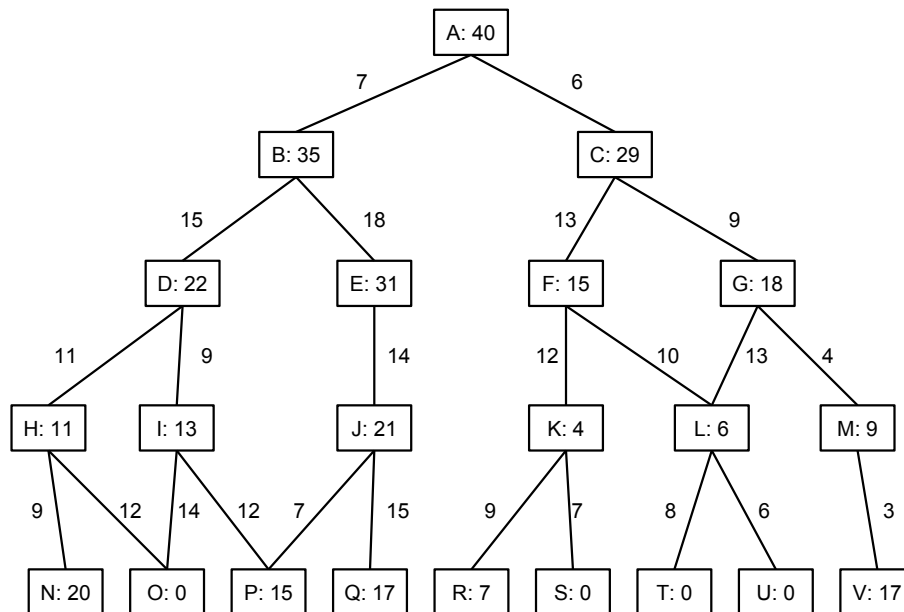


- (d) (9 points) In the figure below, each node is labeled with the heuristic function for that node, e.g. node A has heuristic function value 40. Apply A* search to the tree and write down $f(n) = g(n) + h(n)$ for each node the algorithm visits, e.g. the starting node would be written A(40). Assume we visit child nodes from left to right. **A(40) B(42) C(35) F(34) G(33) L(34) M(28) V(39) T(36) U(34)** Note: if the student has included K(35) after V(39) this is also OK. UNIFORM-COST-SEARCH in Figure 3.14 of AIMA says that the algorithm pops a node from the frontier with the lowest cost, so this will depend on the implementation of the ordering when two nodes are of equal value.
- (e) (2 points) List the nodes along the final path between the start state and the end state, using A* search. **A C G L U**
- (f) (3 points) What is the biggest drawback of the A* algorithm? **All the expanded nodes are kept in memory, so it will run out of space before it runs out of time. Therefore it does not scale well.**

Problem 7

15 points. Points indicated in each subtask.

- (a) (3 points) How are states and goals defined in STRIPS? **States: first-order predicates over objects. Goals: conjunction of literals.**
- (b) (3 points) How are actions defined in STRIPS? **Preconditions and effects.**
- (c) (9 points) You are unhappy and poor, but you are also hardworking and lucky. You want to be happy and it is possible to buy happiness. Write



down a representation of this domain in the STRIPS language, i.e. the initial state, goal state, and the actions required to achieve the goal state. Note: buying happiness will not make you poor, you stay rich.

Initial state:

$\neg \text{Happy}(\text{You}) \wedge \neg \text{Rich}(\text{You}) \wedge \text{Hardworker}(\text{You}) \wedge \text{Lucky}(\text{You})$

Goal state:

$\text{Happy}(\text{You}) \wedge \text{Rich}(\text{You})$

Actions:

Action(GetRich(x),

PRECOND : $\text{Hardworker}(x) \wedge \text{Lucky}(x) \wedge \neg \text{Rich}(\text{You})$

DELETE – LIST : $\neg \text{Rich}(\text{You})$

ADD – LIST : $\text{Rich}(x)$)

Action(BuyHappiness(x),

PRECOND : $\text{Rich}(x) \wedge \neg \text{Happy}(x)$

DELETE – LIST : $\neg \text{Happy}(x)$

ADD – LIST : $\text{Happy}(x)$)

Note: In STRIPS you cannot use negative literals (i.e. atomic sentences, such as True, False, P, Q). However you can use *predicates* (as done in this example), this is also shown as an example in lecture 9, page 9. What

separates it from PDDL in this solutions is the explicit use of ADD and DELETE lists. However, the student should be rewarded for solutions that incorporate pre- and post-conditions, even though some syntax might be erroneous.

Problem 8

10 points. Points indicated in each subtask.

- (a) (2 points) What are the best known examples of information retrieval systems? **Web search engines.**
- (b) (3 points) What are the three essential elements in information retrieval?
1) **A corpus of documents, 2) a query, 3) a result set of (ranked) relevant documents.**
- (c) (2 points) What separates information extraction from information retrieval? **Information extraction is about acquiring knowledge from documents, whereas information retrieval is about finding the relevant documents given a query. The former builds upon the results of the latter.**
- (d) (3 points) What is the limiting factor in information extraction? **The actual natural language processing, currently there does not exist an AI that understands text on a human level, in particular when it comes to ambiguity.**

Oppgave 1

10 poeng totalt, 1 poeng hver deloppgave. Svar hver deloppgave med *True* eller *False*.

- (a) Kunstig intelligens ble født da Alan Turing formulerte Turing-testen.
- (b) De første fremskrittene i kunstig intelligens ble møtt med skepsis og tvil.
- (c) Agent-funksjonen overfører oppfattelses-sekvenser til handlinger.
- (d) Den virkelige verden er fullt observerbar.
- (e) En drosje som kjører fra A til B i trafikken opererer i et deterministisk miljø.
- (f) En enkel refleksiv agent har en lite men begrenset korttidshukommelse.
- (g) Måltrettede agenter er ofte avhengig av søk og planlegging for å nå sine mål.
- (h) En nytte-basert agent er bedre tilpasset den virkelige verden enn en lærende agent, siden den er i stand til å estimere sin egen nytte.
- (i) Læring er nødvendig for at kompleks agentoppførsel skal oppstå i en multi-agentsituasjon.
- (j) Læring hjelper i et stokastisk og kontinuerlig miljø.

Oppgave 2

10 poeng totalt, 1 poeng hver deloppgave. Svar hver deloppgave med *True* eller *False*.

- (a) Det er meningen at intelligente agenter skal optimalisere sitt ytelsesmål.
- (b) Støvsugerverden er ikke et leke-problem.
- (c) Overflødige stier i et søketre er umulige å unngå.
- (d) GRAF-SØK er det samme som TRE-SØK, bare med historie.
- (e) Tidskompleksitet og plasskompleksitet er de to beste måtene for å evaluere ytelsen til en algoritme.
- (f) Blindt søk er også kjent som heuristisk søk.
- (g) En graf med grenfaktor b og dybde d kan løses i de fleste tilfeller av uinformert søk.
- (h) Dobbeltrettet søk reduserer tidskompleksiteten med kvadratroten.

- (i) En heuristikk estimerer den billigste kostnaden fra en node til målnoden, selv om stien er umulig å utføre.
- (j) A* er den mest kjente formen for beste-først søk.

Problem 3

10 poeng totalt, poengsum er indikert i hver deloppgave. Deloppgave *a*, *b* og *e* skal uttrykkes med første-ordens logikk, ellers følg instruksjonene.

- (a) (1 poeng) Alle forelesninger er morsomme.
- (b) (1 poeng) Det fins en forelesning som ikke er morsom.
- (c) (2 poeng) Å være søsken er et symmetrisk forhold (dvs skriv hvordan man uttrykker dette forholdet i første-ordens logikk).
- (d) (2 poeng) Uttrykk at “alle misliker grønnsaker” på to måter, ved å bruke “FOR ALLE” kvantifikatoren i en setning og “DET FINS” kvantifikatoren i den andre setningen, og det samme predikatet i begge setningene.
- (e) (4 poeng) Noen søsken har forskjellige foreldre.

Oppgave 4

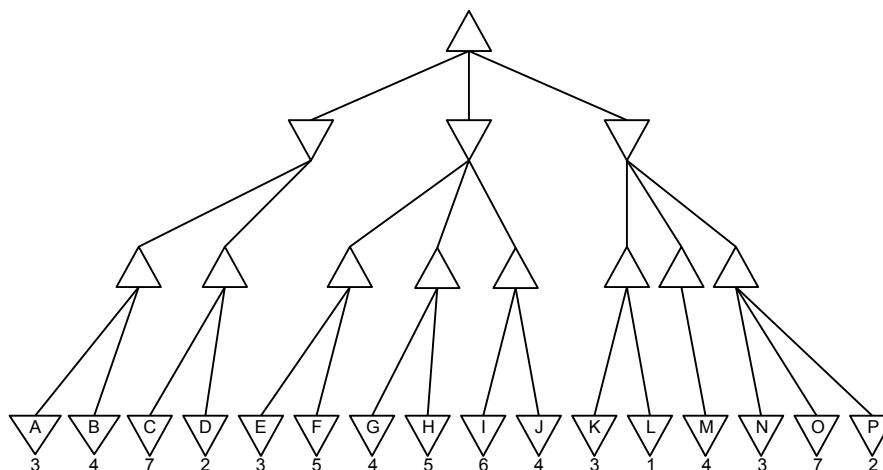
10 poeng totalt, 2 poeng for hver deloppgave.

- (a) Hva er et annet ord for *unifisering*?
- (b) Hva er formålet med *Universell Instansiering*?
- (c) *Eksistensiell Instansiering* er et spesial-tilfelle av en mer generell prosess. Hva heter denne mer generelle prosessen?
- (d) Hva er det mest kjente programmeringsspråket som bygger på bakoverkjeding?
- (e) Hva er konjunktiv normalform, og hva brukes det til?

Problem 5

15 poeng totalt. Poeng indikert på hver deloppgave.

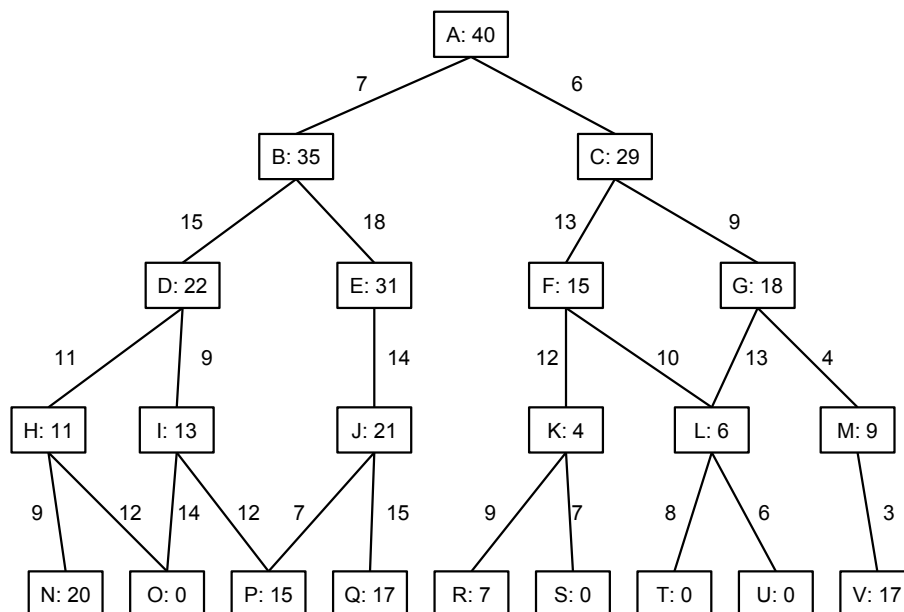
- (a) (2 poeng) Hva heter trestrukturen i figuren nedenfor?
- (b) (2 poeng) Hva representerer den?
- (c) (5 poeng) Skriv ned nodeverdiene som mangler på bredde-først vis.
- (d) (6 poeng) Anvend alpha-beta avskjæring og skriv ned løvnodene som ikke blir ekspandert.



Oppgave 6

20 poeng. Poeng indikert i hver deloppgave.

- (2 poeng) A* tilhører hvilken klasse søkealgoritmer?
- (2 poeng) Hva er den verste tidskompleksiteten til A*?
- (2 poeng) Hva betyr det å bruke en *tillatt heuristikk* i A* søk?
- (9 poeng) I figuren nedenfor er hver node markert med den heuristiske funksjonsverdien, for eksempel har node A heuristisk funksjonsverdi 40. Anvend A*-søk på treet og skriv ned $f(n) = g(n) + h(n)$ for hver node algoritmen besøker, for eksempel vil startnoden bli skrevet A(40). Anta at vi besøker barn-noder fra venstre til høyre.
- (2 poeng) Skriv nodene i rekkefølge langs den endelige stien mellom starttilstanden og slutt-tilstanden.
- (3 poeng) Hva er den største ulempen med A*-algoritmen?



Oppgave 7

15 poeng totalt. Poeng indikert på hver deloppgave.

- (3 poeng) Hvordan er tilstander og mål definert i STRIPS?
- (3 poeng) Hvordan er handlinger definert i STRIPS?
- (9 poeng) Du er ulykkelig og fattig, men du er også hardtarbeidende og heldig. Du har lyst til å være lykkelig og det er mulig å kjøpe lykke. Skriv ned en representasjon av dette domenet ved bruk av STRIPS-språket, dvs starttilstand, måltilstand og handlingene som er nødvendige for å oppnå måltilstanden. NB: Å kjøpe lykke vil ikke gjøre deg fattig, du forblir rik.

Problem 8

10 poeng. Poeng indikert i hver deloppgave.

- (2 poeng) Hva er de mest kjente eksemplene på informasjonshentesystemer?
- (3 poeng) Hva er de tre essensielle elementene i informasjonshenting?
- (2 poeng) Hva skiller informasjonsekstraksjon fra informasjonshenting?
- (3 poeng) Hva er den begrensende faktoren i informasjonsekstraksjon?

Oppgave 1

10 poeng totalt, 1 poeng kvar deloppgåve. Svar kvar deloppgåve med *True* eller *False*.

- (a) Kunstig intelligens blei født da Alan Turing formulerte Turing-testen.
- (b) Dei første fremskritt i kunstig intelligens blei møtt med skepsis og tvil.
- (c) Agent-funksjonen overfører oppfattelses-sekvensar til handlingar.
- (d) Den verkelege verda er fullt observerbar.
- (e) Ein drosje som kjører fra A til B i trafikken opererer i eit deterministisk miljø.
- (f) Ein enkel refleksiv agent har ein lite men begrensa korttidshukommelse.
- (g) Måltrettede agentar er ofte avhengig av søk og planlegging for å nå sine mål.
- (h) Ein nytte-basert agent er betre tilpassa den verkelege verda enn ein lærende agent, sidan den er i stand til å estimera si eiga nytte.
- (i) Læring er nødvendig for at kompleks agentoppførsel skal oppstå i ein multi-agentsituasjon.
- (j) Læring hjelp i eit stokastisk og kontinuerlig miljø.

Oppgave 2

10 poeng totalt, 1 poeng kvar deloppgåve. Svar kvar deloppgåve med *True* eller *False*.

- (a) Det er meininga at intelligente agentar skal optimalisera sitt ytelsesmål.
- (b) Støvsugerverda er ikkje eit leke-problem.
- (c) Overflødige stiar i eit søketre er umoglege å unngå.
- (d) GRAF-SØK er det same som TRE-SØK, bare med historie.
- (e) Tidskompleksitet og plasskompleksitet er dei to beste måtane for å evaluere ytelsen til ein algoritme.
- (f) Blindt søk er også kjent som heuristisk søk.
- (g) Ein graf med grenfaktor b og dybde d kan løses i dei fleste tilfella av uinformert søk.
- (h) Dobbeltretta søk reduserar tidskompleksiteten med kvadratrota.

- (i) Ein heuristikk estimerar den billigste kostnaden fra ein node til målnoden, selv om stien er umogleg å utføre.
- (j) A* er den mest kjente formen for beste-først søk.

Problem 3

10 poeng totalt, poengsum er indikert i kvar deloppgåve. Deloppgåve *a*, *b* og *e* skal uttrykkes med første-ordens logikk, ellers følg instruksjonane.

- (a) (1 poeng) Alle forelesningar er morosame.
- (b) (1 poeng) Det fins ein forelesning som ikkje er morosam.
- (c) (2 poeng) Å være sysken er eit symmetrisk tilhøve (dvs skriv korleis man uttrykker dette tilhøvet i første-ordens logikk).
- (d) (2 poeng) Uttrykk at “alle mislikar grønsaker” på to måtar, ved å bruke “FOR ALLE” kvantifikatoren i ein setning og “DET FINNS” kvantifikatoren i den andre setningen, og det samme predikatet i begge setningane.
- (e) (4 poeng) Nokre sysken har forskjellige foreldre.

Oppgave 4

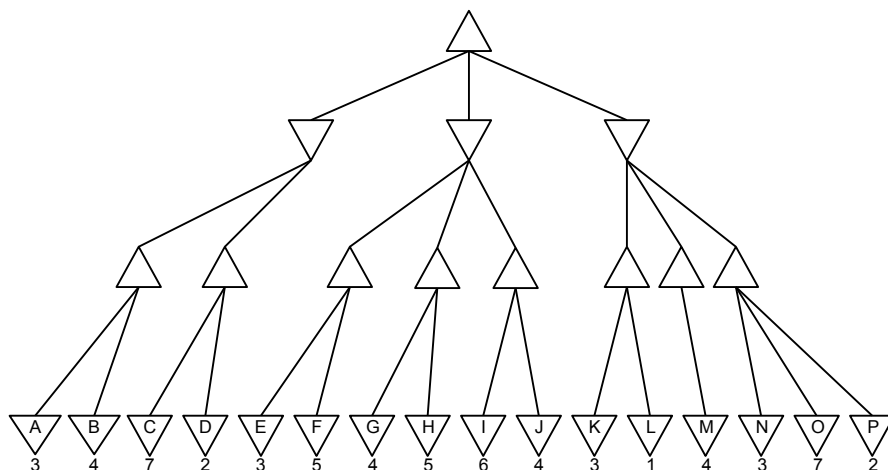
10 poeng totalt, 2 poeng for kvar deloppgåve.

- (a) Kva er eit annet ord for *unifisering*?
- (b) Kva er føremålet med *Universell Instansiering*?
- (c) *Eksistensiell Instansiering* er eit spesial-høve av ein meir generell prosess. Kva heiter denne meir generelle prosessen?
- (d) Kva er det mest kjente programmeringsspråket som byggjar på bakoverkjeding?
- (e) Kva er konjunktiv normalform, og kva brukes det til?

Problem 5

15 poeng totalt. Poeng indikert på kvar deloppgåve.

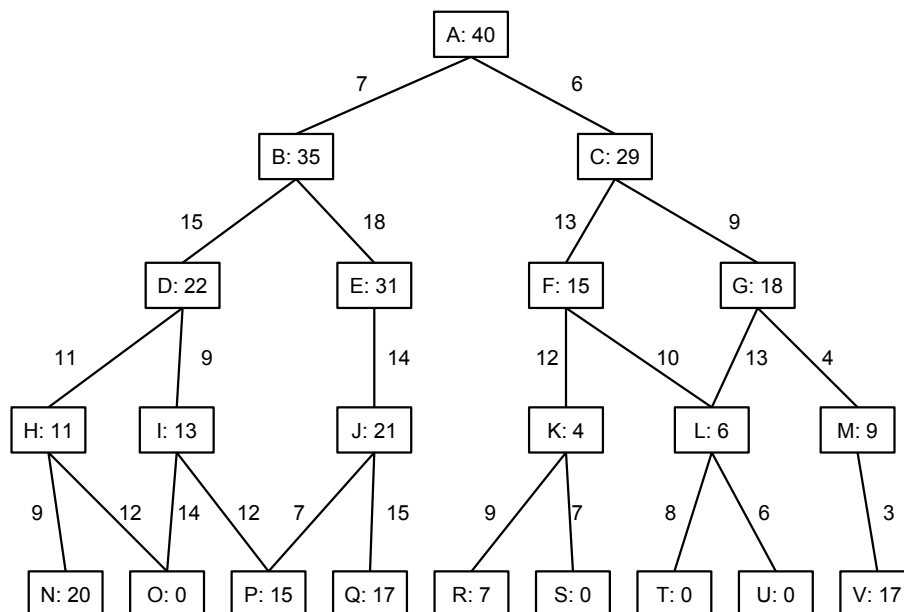
- (a) (2 poeng) Kva heiter trestrukturen i figuren nedanfor?
- (b) (2 poeng) Kva føresteller den?
- (c) (5 poeng) Skriv ned nodeverdiene som manglar på bredde-først vis.
- (d) (6 poeng) Anvend alpha-beta avskjæring og skriv ned løvnode som ikkje blir ekspanderte.



Oppgåve 6

20 poeng. Poeng indikert i kvar deloppgåve.

- (2 poeng) A* tilhører kva for ein klasse s kelagoritmar?
- (2 poeng) Kva er den verste tidskompleksiteta til A*?
- (2 poeng) Kva betyr det å bruke ein *tillatt heuristikk* i A* søk?
- (9 poeng) I figuren nedanfor er kvar node markert med den heuristiske funksjonsverdien, til dømes har node A heuristisk funksjonsverdi 40. Anvend A*-søk på treet og skriv ned $f(n) = g(n) + h(n)$ for kvar node algoritmen vitjar, til dømes vil startnoden bli skrevet A(40). Anta at vi vitjar barn-noder frå venstre til h gre.
- (2 poeng) Skriv nodene i rekkefølge langs den endelege stien mellom starttilstanden og slutt-tilstanden.
- (3 poeng) Kva er den største ulempa med A*-algoritmen?



Oppgave 7

15 poeng totalt. Poeng indikert på kvar deloppgåve.

- (3 poeng) Korleis er tilstandar og mål definert i STRIPS?
- (3 poeng) Korleis er handlinger definerte i STRIPS?
- (9 poeng) Du er ulukkeleg og fattig, men du er også hardtarbeidande og heldig. Du har lyst til å vere lykkeleg og det er muleg å kjøpe lykke. Skriv ned ein representasjon av dette domenet ved bruk av STRIPS-språket, dvs starttilstand, måltilstand og handlingane som er nødvendige for å oppnå måltilstanden. NB: Å kjøpe lykke vil ikkje gjera deg fattig, du forblir rik.

Problem 8

10 poeng. Poeng indikert i kvar deloppgåve.

- (2 poeng) Kva er dei mest kjente eksemplane på informasjonshentesystemar?
- (3 poeng) Kva er dei tre essensielle elementa i informasjonshenting?
- (2 poeng) Kva skil informasjonsekstraksjon frå informasjonshenting?
- (3 poeng) Kva er den begrensande faktoren i informasjonsekstraksjon?