



Faglig kontakt under eksamen: Pinar Øzturk: (91897451 eller 73551019)

Introduksjon til Kunstig Intelligens (TDT4136)

30th November 2015

Tid: 09:00 – 13:00

Language: English-Bokmål-Nynorsk

English starts on page 2. Bokmål på side 12, nynorsk på side 22.

Aid: No printed or hand written material is allowed. Simple calculator is allowed.

In case some information lacks in the formulation of a question, describe the assumptions you made when answering the question.

Tillatte midler: Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler tillatt. Bestemt, enkel kalkulator tillatt.

Dersom du mener at opplysninger mangler i en oppgaveformulering, gjør kort rede for de antagelser og forutsetninger som du finner nødvendige.

I tilfelle du er usikker på betydningen av noen av begrepene (noen er ikke så lette å oversette), se på den engelske versjonen.

ENGLISH

Problem 1 (20 pts, 2pts each question)

Answer the following questions with TRUE or FALSE.

- a) Knitting is a fully observable, episodic, stochastic, static and exciting agent environment.
- b) Procedural attachment is used in semantic networks.
- c) Ontology is not a key component in simple-reflex agents.
- d) *Recall* is an evaluation metric used in information retrieval that measures the proportion of returned documents that are truly relevant
- e) Simulated annealing is a local search method.
- f) Term Frequency (TF) defines the count of a term t in a collection of documents.
- g) A common heuristic function for 8-puzzle game is Manhattan distance which is the sum of the distances of the tiles to their goal positions.
- h) If both H_1 and H_2 are admissible heuristics for a problem and $H_2 < H_1$, then H_2 is a better heuristic.
- i) An agent must think like a human in order to pass the Turing test.
- j) Iterative deepening search is optimal if step-cost is a constant, the search-space is finite and a goal exists.

Problem 2 (15 pts, 3 pts each question)

Choose the correct answers (one for each question) to the questions below.

- a) Suppose the following action schema in a planning system for 8-puzzle.

$Action(Slide(t, s_1, s_2),$
 $PRECOND : On(t, s_1) \wedge Tile(t) \wedge Blank(s_2) \wedge Adjacent(s_1, s_2)$
 $EFFECT : On(t, s_2) \wedge Blank(s_1) \wedge \neg On(t, s_1) \wedge \neg Blank(s_2))$

Which of the following needs to be removed from the preconditions of the action schema in order to get "number-of-misplaced-tiles" heuristic?

- A. $Blank(s_1)$
- B. $Blank(s_2)$
- C. $Adjacent(s_1, s_2)$
- D. $Blank(s_2) \wedge Adjacent(s_1, s_2)$
- E. None of the above

- b) We look at a Constraint Satisfaction Problem (CSP) with the three variables X , Y and Z . Let the domain for each of these variables be the set of integers from 1 to 3:

$$D_X = D_Y = D_Z = \{1, 2, 3\}$$

Let the following binary constraint $C_{X,Y}$ apply between X and Y , and $C_{Y,Z}$ between Y and Z :

$$C_{X,Y} = [(1, 1), (2, 1), (2, 2), (3, 1), (3, 2), (3, 3)]$$

$$C_{Y,Z} = [(2, 1), (3, 1), (3, 2)]$$

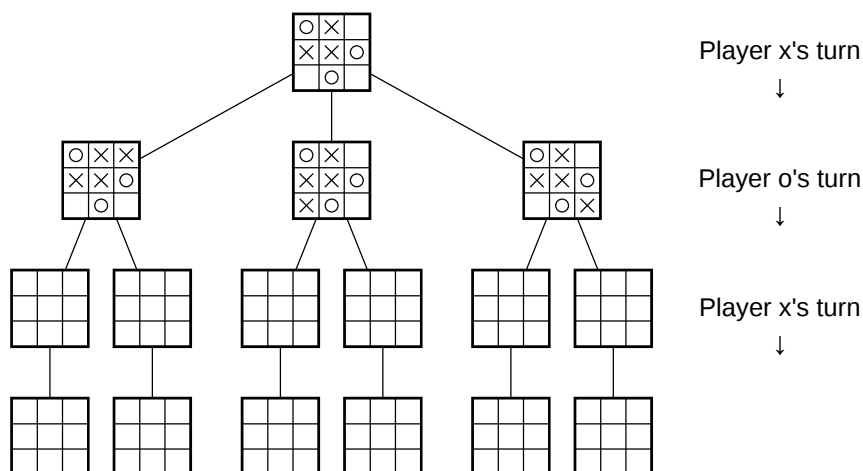
After running AC-3, what is the domain of X ?

- | | | |
|------------------|---------------|------------|
| A. $\{1, 2, 3\}$ | D. $\{1, 2\}$ | G. $\{3\}$ |
| B. $\{2, 3\}$ | E. $\{1\}$ | |
| C. $\{1, 3\}$ | F. $\{2\}$ | H. $\{\}$ |

- c) Z is then set to 2 in the CSP from the previous question, and AC-3 is run again. What is now the domain of X ?

- | | | |
|------------------|---------------|------------|
| A. $\{1, 2, 3\}$ | D. $\{1, 2\}$ | G. $\{3\}$ |
| B. $\{2, 3\}$ | E. $\{1\}$ | |
| C. $\{1, 3\}$ | F. $\{2\}$ | H. $\{\}$ |

- d) Consider the following (incomplete) game tree for tic-tac-toe. Tic-tac-toe is a two-player game where players "x" and "o" take alternating turns to place their respective symbols in an empty cell on the 3×3 game board, with the goal of getting three in a row (horizontally, vertically or diagonally):



Which one of the following statements is true?

- A. Player x is guaranteed to win
- B. Player o is guaranteed to win
- C. Player x can win, but only if player o plays suboptimally
- D. Player o can win, but only if player x plays suboptimally
- E. Either player can win, if the other player plays suboptimally
- F. None of the players can win

e) Which of the following may be most useful in generation of a semantic network automatically from documents?

- A. Information retrieval
- B. Sentiment analysis
- C. Syntactic parsing
- D. Information extraction
- E. none of the above.

Problem 3 (15 points)

- a) (2 points) For the following sentence in English, is the accompanying sentence in first-order logic a good translation? If yes, answer yes. If no, explain why not.

No two NTNU students have the same ID number.

$$\neg \exists x, y, z (NTNUStudent(x) \wedge NTNUStudent(y) \wedge \neg(x = y)) \implies (IDNum(x, z) \wedge IDNum(y, z))$$

- b) (2 points) For the following sentence in English, is the accompanying sentence in first-order logic a good translation? If yes, answer yes. If no, explain why not.

All mammals except whales are similar to humans.

$$\forall x, y Mammal(x) \wedge \neg Whale(x) \implies Mammal(y) \wedge Human(y) \wedge Similar(x, y)$$

- c) (2 points) Consider the following knowledge base containing four sentences in propositional logic: $A \implies (B \vee C)$

$$\neg A \implies (B \vee C)$$

$$\neg C$$

$$(B \vee D) \implies E$$

Can these four sentences be converted to a set of Horn clauses? If yes, write them down; if not, explain why not.

- d) (2 points) Consider the following knowledge base containing four sentences in propositional logic: $A \implies (B \vee C)$, $\neg A \implies (B \vee C)$, $\neg C$, $(B \vee D) \implies E$

Convert the four sentences above into conjunctive normal form(CNF) and show the result as a set of clauses.

- e) (3 points) Is the following sentence (1) the correct skolemization (i.e., elimination of existential quantifier) of the sentence $\forall x Person(x) \iff \exists y Heart(y) \wedge Has(x, y)$?

$$(1) \quad \forall x Person(x) \implies Heart(H1) \wedge Has(x, H1).$$

Why not? Write down the correct one.

f) (4 points) Suppose the following facts are in the knowledge base:

- Pia works in a restaurant
 $R(Pia)$
- Georg works in a restaurant
 $R(Georg)$
- Anyone who works in a restaurant and makes a big mistake is fired
 $\forall x R(x) \wedge M(x) \implies F(x)$
- The restaurant owner is happy with anyone who doesn't make a big mistake
 $\forall y \neg M(y) \implies H(owner, y)$
- Anyone who is happy with Pia is unhappy with Georg
 $\forall w H(w, Pia) \implies \neg H(w, Georg)$

Using resolution refutation, prove that "there exists someone who makes a big mistake and is fired". Show your proof on a tree starting from the boxes in the figure below. Copy the boxes into your answer sheet and fill in the last box. Apply resolution and clearly indicate the clauses being resolved in each step. Show also the binding of variables in each step/link.

$R(Pia)$	$R(Georg)$	$\neg R(x) \vee \neg M(x) \vee F(x)$	$M(y) \vee H(owner, y)$	$\neg H(w, Pia) \vee \neg H(w, Georg)$
----------	------------	--------------------------------------	-------------------------	--	--------

Problem 4 (10 points)

We changed the rules of the wumpus world. First of all, we are dealing only with wumpuses, not with gold, breeze, stench, etc. There may be more than one wumpus in the grid and they may be in any square. In the beginning of the game all squares are blank and the agent does not know which square(s) contains a wumpus. When the agent clicks on a square with a wumpus, she loses the game. If the square that the agent clicked on does not contain a wumpus, a number will appear on that square indicating the number of wumpuses adjacent to the square. Adjacency here means the four squares to the immediate left, right, top and bottom, excluding the diagonals. The goal of the game is to click on all squares which do not have wumpuses. Suppose you are playing the game in the following figure showing the current state of the grid. In the figure, squares marked a , b , c , and d are not clicked on yet. You may refer to these squares by these variables. The upper-left square is labeled 1, meaning that it

is adjacent to exactly one wumpus. The other squares show the number of wumpuses in their adjacent squares.

1	a
b	2
d	c

- a) (2 points) Represent the current state of the grid using propositional logic. Use the predicate $W(s)$ to express that square s contains a wumpus, and $\neg W(s)$ s not having a wumpus.
- b) (4 points) Suppose you click on the lower-left square (which is a d in the beginning, see the figure) and number two (2) is revealed. This means that there is no wumpus in that square but two of squares adjacent to it have wumpuses. Represent this situation of the grid using propositional logic.
- c) (4 points) Prove $\neg W(a)$, that is, the square labeled a does not contain a wumpus. For this use the combination of initial knowledge base and the new knowledge obtained by clicking on d . Show your proof by resolution refutation on a drawing.

Problem 5 (10 points)

This is a planning problem to be solved using GraphPlan algorithm. The initial state is represented as $\{R, H, Q\}$. The goal state is $\{D, P, C\}$. There are four actions (Cx , Wx , Tx , and Vx) of which preconditions and effects (in terms of add and delete) are shown in the following figure.

Action	Precond	Add	Delete
Cx	{H}	{D}	{}
Wx	{Q}	{P}	{}
Tx	{}	{C}	{H , R}
Vx	{}	{C}	{Q , R}

- a) (1 point) Under which conditions does a plan graph level off (i.e., stops expanding)?
- b) (3 points) Starting from state level zero (i.e., S_0) **draw** the graph of the plan (i.e, the state and the action levels with mutex relations) applying the GraphPlan algorithm. Expand the graph as long as it is necessary for obtaining a plan. Use "NOP" for the persistence (no operation/maintenance) actions.
- c) (3 points) Is it possible to find a plan for this problem at state level S_1 ? In case it is possible, write down the plan. In case it is not possible, justify your answer by writing down the mutex relation(s) that hinders the extraction of a plan from the graph. Write down each mutex relation (both those between the states and between the actions) and explain why it is mutex.
- d) (3 points) Are the following plans in (1) and (2) below valid plans, according to your answers above? Explain why or why not.
1. $Cx \rightarrow Wx \rightarrow Tx$
 2. $Wx \rightarrow Cx \rightarrow Tx$

Problem 6 (10 pts, 2 pts each question)

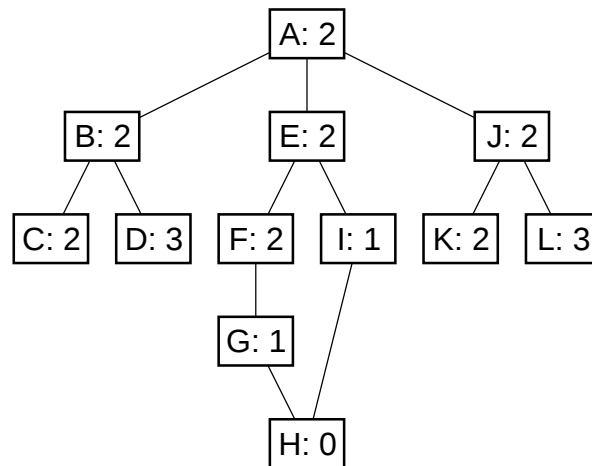
Choose the correct answers (one for each question) to the questions below.

- a) What is the primary drawback of hill-climbing search?
- A. The search can get stuck in a local maximum
 - B. The algorithm requires a lot of memory
 - C. The search can get stuck in a global maximum
 - D. The result depends strongly on the temperature schedule

- b) When we illustrate the Minimax algorithm, we use the symbols \triangle and ∇ for nodes in the search tree. A variation of the Minimax algorithm additionally uses the symbol \bigcirc for some of the nodes. What does this symbol represent?
- A. A second opponent in a multiplayer game
 - B. A game rule has been broken
 - C. An element of chance in the game
 - D. An estimated score, due to cutoff
 - E. A tie between the players
- c) Which of the following researchers did not participate in the Dartmouth conference where the name "artificial intelligence" was coined?
- A. John McCarthy
 - B. Marvin Minsky
 - C. Herbert Simon
 - D. Allen Newell
 - E. Alan Turing
- d) Which of the following is the main inference mechanism in semantic networks?
- A. Resolution refutation
 - B. Generalized modus ponens
 - C. Inheritance
 - D. Skolemization
 - E. De Morgan's law
- e) Which of the following would you choose as the unifier for $UNIFY(Loves(Per, x), Loves(y, z))$? Explain why. No points will be given without correct explanation.
- A. $(y/Per, x/z)$
 - B. $(y/Per, x/Per, z/Per)$
 - C. $(y/Per, x/z, z/Siri)$
 - D. none of the above are suitable unifiers.

Problem 7 (10 points)

Consider the following search problem:

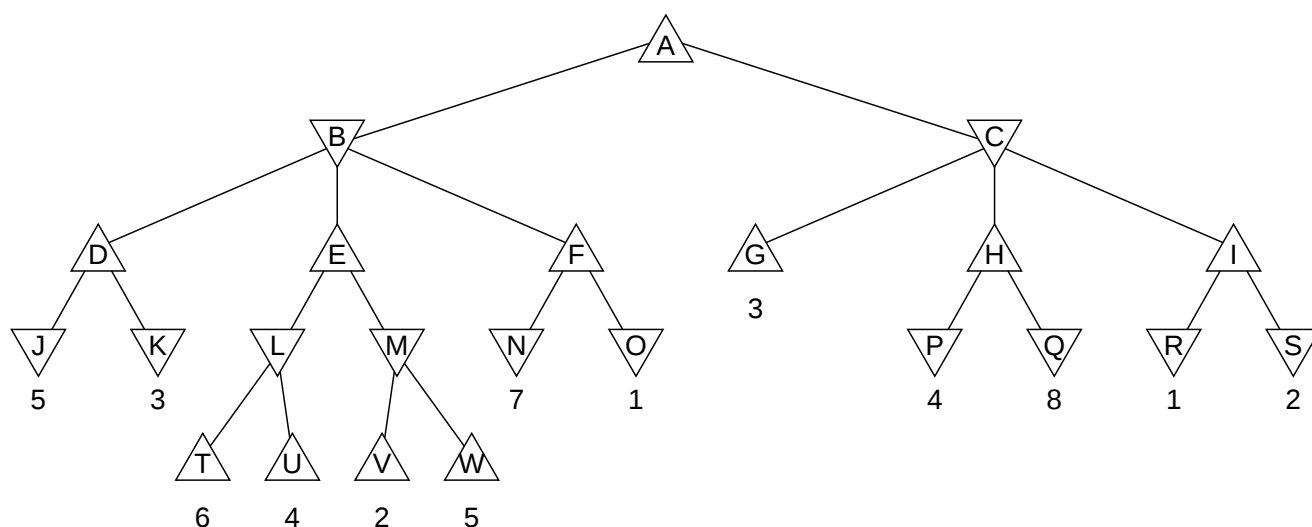


The initial node is A and the goal node is H. All step costs are 1, and a heuristic value is given for each node in the figure (for example, the heuristic value for node D is given as 3). Assume that there is a goal-test function which will be called by the search algorithm every time it needs to determine whether a node is a goal node.

- a) (2 points) Using breadth-first search (BFS): What is the sequence of nodes for which the goal-test function will be called? Write the letters for each node, and in the correct order.
- b) (1 point) Using breadth-first search (BFS): What will be returned as the shortest path to the goal?
- c) (6 points) Using A*: What is the sequence of nodes for which the goal-test function will be called? Whenever several nodes have the same estimated cost, always choose the node that comes first alphabetically.
- d) (1 point) Using A*: What will be returned as the shortest path to the goal?

Problem 8 (10 points)

Consider the following Minimax tree:



The leaf nodes have their final utility values given as numbers below them.

- (2 points) What is the final value in node A, after running Minimax?
- (3 points) What is the final value of the rest of the internal nodes, after running Minimax? Write the values for the nodes in alphabetical order, and do not include the root node or the leaf nodes. In other words, write the numbers in the order B, C, D, E, F, H, I, L, M.
- (5 points) Which nodes will be pruned when using alpha-beta pruning on this tree (assuming nodes are evaluated from left to right)? Give the answer as a list of the nodes' letters in alphabetical order, and include *all* of the nodes in the branches that are pruned.

GOOD LUCK!

BOKMÅL

Problem 1 (20 poeng, 2 poeng hvert spørsmål)

Svar på de følgende spørsmålene med TRUE (sant) eller FALSE (usant).

- a) Strikking er et fullt observerbart, episodisk, stokastisk, statisk og spennende agentmiljø.
- b) “Procedural attachment” brukes i semantisk nettverk.
- c) Ontologi er ikke en nøkkelkomponent i “simpel-refleks”-agenter.
- d) “Recall” er en evalueringsmetrikk brukt i informasjonsenting (information retrieval) som måler hvilken andel av returnerte dokumenter som er virkelig relevante.
- e) “Simulated annealing” er en lokal søkemetode.
- f) Term-Frekvens (“term frequency”, TF) definerer antall ganger en term t forekommer i en kolleksjon/mengde av dokumenter.
- g) En vanlig heuristikkfunksjon for “8-puzzle”-spillet er Manhattan-avstand, som er summen av avstandene fra hver flis/tile til dens målposisjon.
- h) Hvis både $H1$ og $H2$ er “admissible” heuristikker for et problem og $H2 < H1$, da er $H2$ en bedre heuristikk.
- i) En agent må tenke som et menneske for å bestå Turing testen.
- j) “Iterative deepening”-søk er optimalt hvis step-kost er en konstant, søkerommet er endelig og et mål eksisterer.

Problem 2 (15 poeng, 3 poeng hvert spørsmål)

Velg de korrekte svarene (ett for hvert spørsmål) for spørsmålene under.

- a) Anta at vi har det følgende “action”-skjema i et planleggingssystem for 8-puzzle.

$Action(Slide(t, s_1, s_2),$

PRECOND : $On(t, s_1) \wedge Tile(t) \wedge Blank(s_2) \wedge Adjacent(s_1, s_2)$

EFFECT : $On(t, s_2) \wedge Blank(s_1) \wedge \neg On(t, s_1) \wedge \neg Blank(s_2)$)

Hvilken av de følgende må slettes fra preconditions av ‘action’-skjemaet for å få “number-of-misplaced-tiles”-heuristikken?

- A. $Blank(s_1)$
- B. $Blank(s_2)$
- C. $Adjacent(s_1, s_2)$
- D. $Blank(s_2) \wedge Adjacent(s_1, s_2)$
- E. Ingen av valgene ovenfor.

- b) Vi ser på et Constraint Satisfaction Problem (CSP) med de tre variablene X , Y og Z . La domenet for hver av disse variablene være mengden av heltall mellom 1 og 3:

$$D_X = D_Y = D_Z = \{1, 2, 3\}$$

La den følgende binære restriksjonen $C_{X,Y}$ gjelde mellom X og Y , og $C_{Y,Z}$ mellom Y og Z :

$$C_{X,Y} = [(1, 1), (2, 1), (2, 2), (3, 1), (3, 2), (3, 3)]$$

$$C_{Y,Z} = [(2, 1), (3, 1), (3, 2)]$$

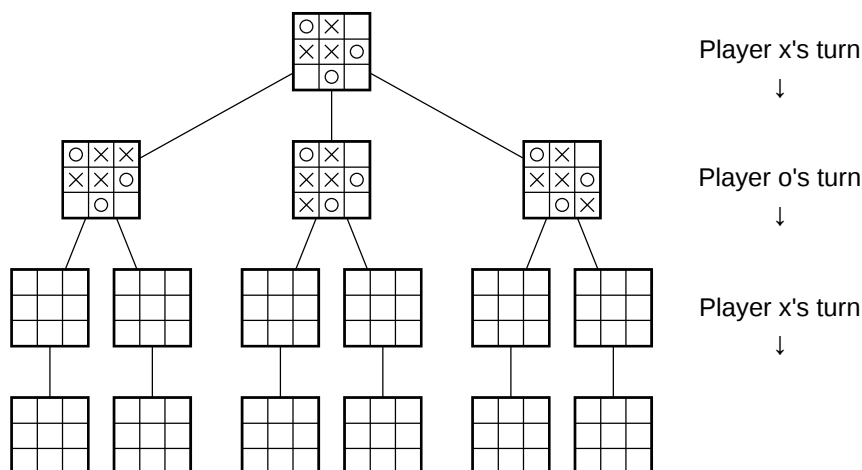
Etter å ha kjørt AC-3, hva er domenet til X ?

- | | | |
|------------------|---------------|------------|
| A. $\{1, 2, 3\}$ | D. $\{1, 2\}$ | G. $\{3\}$ |
| B. $\{2, 3\}$ | E. $\{1\}$ | |
| C. $\{1, 3\}$ | F. $\{2\}$ | H. $\{\}$ |

- c) Z settes så til 2 i CSP-et fra det forrige spørsmålet, og AC-3 kjøres på nytt. Hva er nå domenet til X ?

- | | | |
|------------------|---------------|------------|
| A. $\{1, 2, 3\}$ | D. $\{1, 2\}$ | G. $\{3\}$ |
| B. $\{2, 3\}$ | E. $\{1\}$ | |
| C. $\{1, 3\}$ | F. $\{2\}$ | H. $\{\}$ |

- d) Betrakt det følgende (ufullstendige) spilltreet for tic-tac-toe. Tic-tac-toe er et spill for to spillere, hvor spillerne "x" og "o" på alternerende runder plasserer sine respektive symboler i en tom celle på det 3×3 -store brettet, med formål å få tre på rad (horisontalt, vertikalt eller diagonalt):



Hvilket av de følgende utsagn er sant?

- A. Spiller x er garantert å vinne
 - B. Spiller o er garantert å vinne
 - C. Spiller x kan vinne, men kun hvis spiller o spiller suboptimalt
 - D. Spiller o kan vinne, men kun hvis spiller x spiller suboptimalt
 - E. Hver spiller kan vinne, hvis den andre spilleren spiller suboptimalt
 - F. Ingen av spillerne kan vinne
- e) Hvilken av de følgende kan være mest nyttig i automatisk generering av et semantisk nettverk fra dokumenter?
- A. Informasjonshenting (information retrieval)
 - B. Sentimentanalyse
 - C. Syntaktisk parsing
 - D. Informasjonsekstrahering (information extraction)
 - E. Ingen av valgene ovenfor

Problem 3 (15 poeng)

- a) (2 poeng) For følgende setning på engelsk, er den medfølgende setningen i første-ordens predikatlogikk riktig oversettelse? Hvis ja, skriv ja. Hvis ikke, forklar hvorfor ikke.

No two NTNU students have the same ID number.

$$\neg \exists x, y, z (NTNUStudent(x) \wedge NTNUStudent(y) \wedge \neg(x = y)) \implies (IDNum(x, z) \wedge IDNum(y, z))$$

- b) (2 poeng) For følgende setning på engelsk, er den medfølgende setningen i første-ordens predikatlogikk riktig oversettelse? Hvis ja, skriv ja. Hvis ikke, forklar hvorfor ikke.

All mammals except whales are similar to humans.

$$\forall x, y Mammal(x) \wedge \neg Whale(x) \implies Mammal(y) \wedge Human(y) \wedge Similar(x, y)$$

- c) (2 poeng) Anta følgende kunnskapsbase som inneholder fire setninger i propositional logikk:

$$A \implies (B \vee C)$$

$$\neg A \implies (B \vee C)$$

$$\neg C$$

$$(B \vee D) \implies E$$

Kan disse fire setningene konverteres til et sett av Horn clauses? Hvis ja, skriv dem ned. Hvis ikke, forklar hvorfor ikke.

- d) (2 poeng) Anta følgende kunnskapsbase som inneholder fire setninger i propositional logikk

$$A \implies (B \vee C), \neg A \implies (B \vee C), \neg C, (B \vee D) \implies E$$

Konverter de fire setningene over til conjunctive normal form (CNF) og vis resultatene som et sett av clauses.

- e) (3 poeng) Er følgende setning (1) korrekt skolemisering (i.e., eliminering av eksistensial kvantifikator) av setningen $\forall x Person(x) \iff \exists y Heart(y) \wedge Has(x, y)$?

$$(1) \quad \forall x Person(x) \implies Heart(H1) \wedge Has(x, H1).$$

Hvorfor ikke? Skriv ned den korrekte skolemisering.

f) (4 poeng) Anta at følgende fakta er i kunnskapsbasen:

- Pia works in a restaurant
 $R(Pia)$
- Georg works in a restaurant
 $R(Georg)$
- Anyone who works in a restaurant and makes a big mistake is fired
 $\forall x R(x) \wedge M(x) \implies F(x)$
- The restaurant owner is happy with anyone who doesn't make a big mistake
 $\forall y \neg M(y) \implies H(owner, y)$
- Anyone who is happy with Pia is unhappy with Georg
 $\forall w H(w, Pia) \implies \neg H(w, Georg)$

Bruk resolution refutation og bevis at “there exists someone who makes a big mistake and is fired”. Vis ditt bevis/proof på et tre ved å starte med boksene i figuren under. Kopier boksene til besvarelsesarket ditt først, og fyll ut den siste boksen. Anvend “resolution” og indiker tydelig de “clauses” som er “resolved” i hvert skritt. Vis også binding av variabler i hvert skritt/link.

$R(Pia)$	$R(Georg)$	$\neg R(x) \vee \neg M(x) \vee F(x)$	$M(y) \vee H(owner, y)$	$\neg H(w, Pia) \vee \neg H(w, Georg)$
----------	------------	--------------------------------------	-------------------------	--	---------

Problem 4 (10 poeng)

Vi har forandret reglene til wumpus-verdenen. For det første opererer vi bare med wumpuser, ikke med gull, vind, lukt osv. Det kan være mer enn én wumpus i rutenettet, og de kan være hvor som helst i rutenettet. I begynnelsen av spillet er alle rutene i rutenettet blanke, og agenten vet ikke hvor wumpusene befinner seg. Hvis agenten klikker på en rute som har en wumpus, taper den spillet. Hvis den ruten agenten klikker på ikke har en wumpus, kommer det opp et tall som viser hvor mange wumpuser som finnes i de umiddelbare naborutene. “Umiddelbar nabo” betyr her de fire naboene opp, ned, til venstre og til høyre, men ikke diagonalt. Målet med spillet er at agenten skal klikke på alle rutene som ikke har wumpus. Anta at du spiller spillet vist på den følgende figuren, som illustrerer nåværende tilstand av spillet. Rutene merket med a , b , c , og d er ikke ennå klikket på. Du kan referere til disse rutene ved hjelp av disse variablene. Ruten øverst til venstre er markert med 1, som betyr at den er nabo til én wumpus. De andre rutene viser antall wumpuser som finnes i deres naboruter.

1	a
b	2
d	c

- a) (2 poeng) Representer den nåværende tilstanden til rutenettet med propositional logikk. Bruk predikat $W(s)$ for å uttrykke at rute s inneholder en wumpus, og $\neg W(s)$ for å uttrykke at den ikke inneholder en wumpus.
- b) (4 poeng) Anta at du klikker på ruten nederst til venstre (som er d i begynnelsen, se figuren) og nummer to (2) kommer opp. Dette betyr at det ikke er noen wumpus på denne ruten, men at to av dens naboer (“adjacent squares”) har wumpuser. Representer denne situasjonen i rutenettet ved å bruke propositional logikk.
- c) (4 poeng) Bevis at $\neg W(a)$, dvs. at ruten markert med a ikke har wumpus. For å gjøre dette, bruk kombinasjonen av den initielle kunnskapsbasen og den nye kunnskapen som er oppnådd ved å klikke på d . Vis beviset ditt ved resolution refutation i en tegning.

Problem 5 (10 poeng)

Dette er et planleggingsproblem som skal løses med GraphPlan-algorithmen. Den initielle tilstanden er representert som $\{R, H, Q\}$. Måltilstanden er $\{D, P, C\}$. Det finnes fire handlinger, (Cx, Wx, Tx, og Vx), hvor deres preconditions og effekter (i form av add- og delete-listene) er vist i den følgende figuren.

Action	Precond	Add	Delete
Cx	{H}	{D}	{}
Wx	{Q}	{P}	{}
Tx	{}	{C}	{H, R}
Vx	{}	{C}	{Q, R}

- a) (1 poeng) Under hvilke omstendigheter stopper en “plan-graf” å ekspandere?
- b) (3 poeng) Ved å starte fra nivå null (med andre ord S_0) **tegn** grafen til planen (dvs., tilstands- og handlingsnivåene og mutex-relasjonene) gjennom anvendelse av GraphPlan-algorithmene. Ekspander grafen så lenge det er nødvendig for å oppnå en plan. Bruk “NOP” for persistens-handlinger (no operation/maintenance)
- c) (3 poeng) Er det mulig å finne en plan for dette problemet på tilstandsnivå S_1 ? Hvis ja, skriv ned planen. Hvis nei, forklar svaret ditt ved å skrive mutex-relasjon(e) som hindrer ekstrahering av en plan fra grafen. Skriv ned hver mutex-relasjon (både de mellom tilstandene og mellom handlingene) og forklar hvorfor de er mutex.
- d) (3 poeng) Er de følgende planene (1) og (2), nedenfor, gyldige plan(er) for dette problemet, utifra dine svar ovenfor? Forklar hvorfor eller hvorfor ikke.
1. $Cx \rightarrow Wx \rightarrow Tx$
 2. $Wx \rightarrow Cx \rightarrow Tx$

Problem 6 (10 poeng, 2 poeng hvert spørsmål)

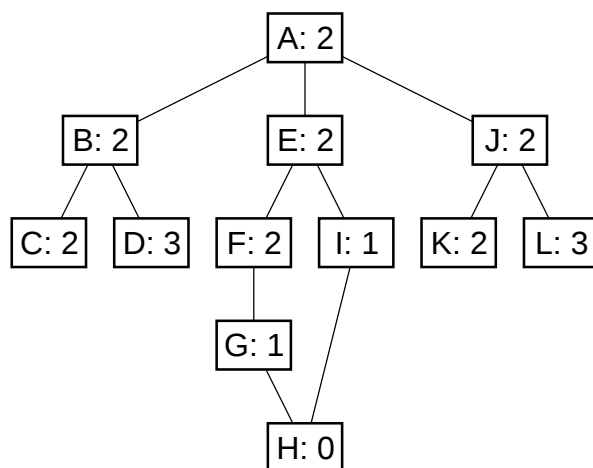
Velg de korrekte svarene (ett for hvert spørsmål) for spørsmålene under.

- a) Hva er den primære ulempen med hill-climbing search?
- A. Søket kan sette seg fast i et lokalt maksimum
 - B. Algoritmen krever mye minne
 - C. Søket kan sette seg fast i et globalt maksimum
 - D. Resultatet avhenger sterkt av temperatur-planen
- b) Når vi illustrerer Minimax-algoritmen, bruker vi symbolene \triangle og ∇ for noder i søketreet. En variant av Minimax-algoritmen bruker i tillegg symbolet \bigcirc for noen av nodene. Hva representerer dette symbolet?
- A. En motstander nummer to i et “multiplayer”-spill
 - B. En spillregel har blitt brutt
 - C. Et element av tilfeldighet i spillet
 - D. En estimert score, på grunn av “cutoff”
 - E. Uavgjort mellom spillerne

- c) Hvilken av de følgende forskere deltok ikke i Dartmouth-konferansen hvor navnet “artificial intelligence” ble funnet på?
- A. John McCarthy
 - B. Marvin Minsky
 - C. Herbert Simon
 - D. Allen Newell
 - E. Alan Turing
- d) Hvilken av de følgende er hovedmekanismen i semantiske nettverk?
- A. Resolution refutation
 - B. Generalisert modus ponens
 - C. Arv
 - D. Skolemisering
 - E. De Morgan’s lov/regel
- e) Hvilken av de følgende vil du velge som “unifier” for $UNIFY(Loves(Per, x), Loves(y, z))$? Forklar hvorfor. Ingen poeng gis uten korrekt forklaring.
- A. $(y/Per, x/z)$
 - B. $(y/Per, x/Per, z/Per)$
 - C. $(y/Per, x/z, z/Siri)$
 - D. Ingen av valgene ovenfor er en passende unifier.

Problem 7 (10 poeng)

Gitt det følgende søkeproblemet:

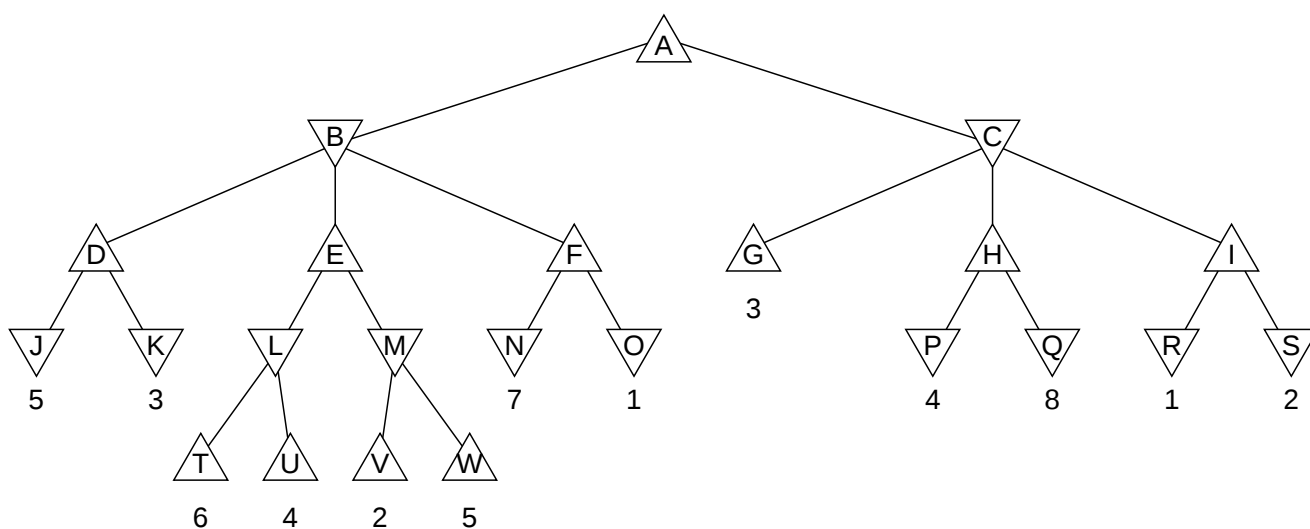


Startnoden er A og målnoden er H. Alle stegkostnader er 1, og en heuristikkverdi er oppgitt for hver node i figuren (for eksempel er heuristikkverdien for node D oppgitt som 3). Anta at det finnes en “mål-test”-funksjon som vil bli kalt av søkealgoritmen hver gang den trenger å avgjøre hvorvidt en node er en målnode.

- (2 poeng) Ved bruk av bredde-først-søk (BFS): Hva blir sekvensen av noder som mål-test-funksjonen kjøres på? Skriv bokstavene for hver node, og i korrekt rekkefølge.
- (1 poeng) Ved bruk av bredde-først-søk (BFS): Hva vil bli returnert som den korteste stien til målet?
- (6 poeng) Ved bruk av A*: Hva blir sekvensen av noder som mål-test-funksjonen kjøres på? Når flere noder har den samme estimerte kostnaden, velg alltid den noden som kommer først alfabetisk.
- (1 poeng) Ved bruk av A*: Hva vil bli returnert som den korteste stien til målet?

Problem 8 (10 poeng)

Gitt det følgende Minimax-treet:



Løvnodene har sine endelige nyttighetsverdier oppgitt som tall under seg.

- (2 poeng) Hva er den endelige verdien i node A, etter å ha kjørt Minimax?
- (3 poeng) Hva er den endelige verdien for resten av de interne nodene, etter å ha kjørt Minimax? Skriv verdiene for nodene i alfabetisk rekkefølge, og utelat rotnoden og løvnodene. Med andre ord, skriv tallene i rekkefølgen B, C, D, E, F, H, I, L, M.
- (5 poeng) Hvilke noder vil bli beskåret når alpha-beta-beskjæring brukes på dette treet (gitt at noder evalueres fra venstre til høyre)? Oppgi svaret som en liste av nodedes bokstaver i alfabetisk rekkefølge, og inkluder *alle* nodene i de grenene som blir beskåret.

LYKKE TIL!

NYNORSK

Problem 1 (20 poeng, 2 poeng for kvart spørsmål)

- a) Strikking er eit fullt observerbart, episodisk, stokastisk, statisk og spennande agentmiljø.
- b) “Procedural attachment” brukes i semantisk nettverk.
- c) Ontologi er ikkje ein nøkkelkomponent i “simpel-refleks”-agentar.
- d) “Recall” er ein evalueringsmetrikk brukt i informasjonsheiting (information retrieval) som måle kva andel av returnerte dokumentene som er verkeleg relevante.
- e) “Simulated annealing” er ein lokal søkemetode.
- f) Term-Frekvens (“term frequency”, TF) kor mange ganger ein term t finnst i ein kolleksjon/mengde av dokument.
- g) Ein vanleg heuristikkfunksjon for “8-puzzle”-spelet er Manhattan-avstand, som er summen av avstandane frå kvar flis/tile til dens målposisjon..
- h) Om både $H1$ og $H2$ er “admissible” heuristikkar for eit problem og $H2 < H1$, då er $H2$ ein bedre heuristikk.
- i) Ein agent må tenkje som eit menneske for å bestå Turing testen.
- j) “Iterative deepening” er optimalt dersom step-kost er ein konstant, søkerommet er endeleg og eit mål eksistere.

Problem 2 (15 poeng, 3 poeng for kvart spørsmål)

Vel det korrekte svaret (eitt for kvart spørsmål) for kvart av spørsmåla under.

- a) Gå ut frå at vi har det følgjende “action”-skjema i eit planleggingssystem for 8-puzzle.

$Action(Slide(t, s_1, s_2),$

PRECOND : $On(t, s_1) \wedge Tile(t) \wedge Blank(s_2) \wedge Adjacent(s_1, s_2)$

EFFECT : $On(t, s_2) \wedge Blank(s_1) \wedge \neg On(t, s_1) \wedge \neg Blank(s_2)$)

Kva av dei følgjande må slettast frå preconditions av action-skjemaet for å få “number-of-misplaced-tiles”-heuristikken?

- A. $Blank(s_1)$
- B. $Blank(s_2)$
- C. $Adjacent(s_1, s_2)$
- D. $Blank(s_2) \wedge Adjacent(s_1, s_2)$
- E. Ingen av vala ovanfor.

- b) Vi ser på eit Constraint Satisfaction Problem (CSP) med dei tre variablane X , Y og Z . La domenet for kvar av desse variablane være mengda av heiltal mellom 1 og 3:

$$D_X = D_Y = D_Z = \{1, 2, 3\}$$

La den følgjande binære restriksjonen $C_{X,Y}$ gjelde mellom X og Y , og $C_{Y,Z}$ mellom Y og Z :

$$C_{X,Y} = [(1, 1), (2, 1), (2, 2), (3, 1), (3, 2), (3, 3)]$$

$$C_{Y,Z} = [(2, 1), (3, 1), (3, 2)]$$

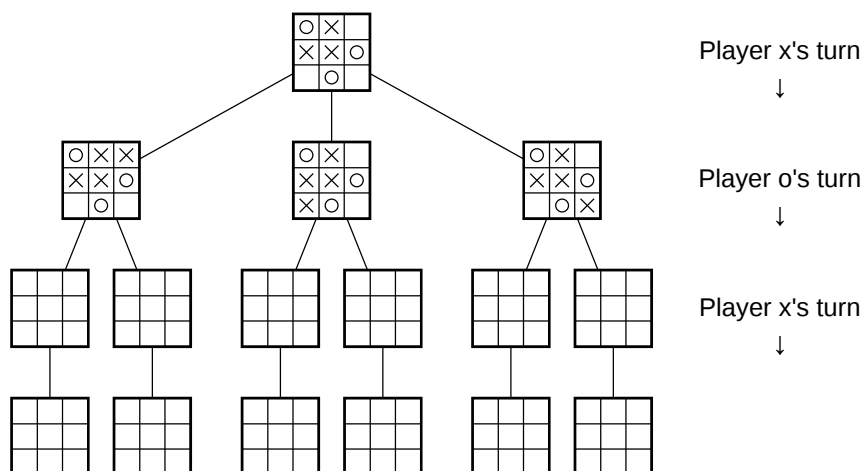
Etter å ha kjørt AC-3, kva er domenet til X ?

- | | | |
|------------------|---------------|------------|
| A. $\{1, 2, 3\}$ | D. $\{1, 2\}$ | G. $\{3\}$ |
| B. $\{2, 3\}$ | E. $\{1\}$ | |
| C. $\{1, 3\}$ | F. $\{2\}$ | H. $\{\}$ |

- c) Z settes så til 2 i CSP-et frå det førre spørsmålet, og AC-3 kjøres på nytt. Kva er nå domenet til X ?

- | | | |
|------------------|---------------|------------|
| A. $\{1, 2, 3\}$ | D. $\{1, 2\}$ | G. $\{3\}$ |
| B. $\{2, 3\}$ | E. $\{1\}$ | |
| C. $\{1, 3\}$ | F. $\{2\}$ | H. $\{\}$ |

- d) Sjå på det følgjande (ufullstendige) spilltreet for tic-tac-toe. Tic-tac-toe er eit spel for to spelare, kor spelarane “x” og “o” på alternerende runder plasserer sine respektive symboler i en tom celle på det 3×3 -store brettet, med formål å få tre på rad (horisontalt, vertikalt eller diagonalt):



Kva av dei følgjande utsagna er sant?

- A. Spelar x er garantert å vinne
 - B. Spelar o er garantert å vinne
 - C. Spelar x kan vinne, men kun hvis spelar o spelar suboptimalt
 - D. Spelar o kan vinne, men kun hvis spelar x spelar suboptimalt
 - E. Hver spelar kan vinne, hvis den andre spelaren spelar suboptimalt
 - F. Ingen av spelerane kan vinne
- e) Kva av dei følgjande kan være mest nyttig i automatisk generering av eit semantisk nettverk frå dokument?
- A. Informasjonshenting (information retrieval)
 - B. Sentimentanalyse
 - C. Syntaktisk parsing
 - D. Informasjonsekstrahering (information extraction)
 - E. Ingen av vala ovanfor

Problem 3 (15 poeng)

- a) (2 poeng) For følgjande setning på engelsk, er den medfølgjande setningen i første-ordens predikat- logikk riktig oversetting? Dersom ja, skriv ja. Dersom ikkje, forklar kvifor ikkje.

No two NTNU students have the same ID number.

$$\neg \exists x, y, z (NTNUS tudent(x) \wedge NTNUS tudent(y) \wedge \neg(x = y)) \implies (IDNum(x, z) \wedge IDNum(y, z))$$

- b) (2 poeng) For følgjande setning på engelsk, er den medfølgjande setningen i første-ordens predikat- logikk riktig oversetting? Dersom ja, skriv ja. Dersom ikkje, forklar kvifor ikkje.

All mammals except whales are similar to humans.

$$\forall x, y Mammal(x) \wedge \neg Whale(x) \implies Mammal(y) \wedge Human(y) \wedge Similar(x, y)$$

- c) (2 poeng) Gå ut frå følgjande kunnskapsbase som inneholder fire setningar i propositional logikk:

$$A \implies (B \vee C)$$

$$\neg A \implies (B \vee C)$$

$$\neg C$$

$$(B \vee D) \implies E$$

Kan desse fire setningane konverterast til eit sett av Horn clauses? Dersom ja, skriv dei ned. Dersom ikkje, forklar kvifor ikkje.

- d) (2 poeng) Gå ut frå følgjande kunnskapsbase som inneheld fire setningar i propositional logikk

$$A \implies (B \vee C), \neg A \implies (B \vee C), \neg C, (B \vee D) \implies E$$

Konverter dei fire setningane over til conjunctive normal form (CNF) og vis resultata som eit sett av clauses.

- e) (3 poeng) Er følgjande setning(1) korrekt skolemisering (i.e., eliminering av eksistensial kvantifikator) av setningen $\forall x Person(x) \iff \exists y Heart(y) \wedge Has(x, y)$?

$$(1) \quad \forall x Person(x) \implies Heart(H1) \wedge Has(x, H1).$$

Kvifor ikkje? Skriv ned den korrekte skolemiseringen.

- f) (4 poeng) Anta at følgjande fakta er i kunnskapsbasen:

- Pia works in a restaurant
 $R(Pia)$

- Georg works in a restaurant
 $R(Georg)$
- Anyone who works in a restaurant and makes a big mistake is fired
 $\forall x R(x) \wedge M(x) \implies F(x)$
- The restaurant owner is happy with anyone who doesn't make a big mistake
 $\forall y \neg M(y) \implies H(owner, y)$
- Anyone who is happy with Pia is unhappy with Georg
 $\forall w H(w, Pia) \implies \neg H(w, Georg)$

Bruk resolution refutation og bevis at “there exists someone who makes a big mistake and is fired”. Vis ditt bevis/proof på eit tre ved å starte med boksane i figuren under. Kopier boksane til svararket ditt først, og fyll ut den siste boksen. Bruk “resolution” og indiker tydeleg dei “clauses” som er “resolved” i kvart skritt. Vis også binding av variablar i kvart skritt/link.

$R(Pia)$	$R(Georg)$	$\neg R(x) \vee \neg M(x) \vee F(x)$	$M(y) \vee H(owner, y)$	$\neg H(w, Pia) \vee \neg H(w, Georg)$
----------	------------	--------------------------------------	-------------------------	--	--------

Problem 4 (10 poeng)

Vi har forandra reglane til wumpus-verdenen. For det første operere vi berre med wumpuser, ikkje med gull, vind, lukt osv. Det kan vera meir enn ein wumpus i rutenettet, og dei kan vera kor som helst i rutenettet. I begynninga av spelet er alle rutene i rutenettet blanke, og agenten veit ikkje kor wampusene finn seg. Dersom agenten klikkar på ei rute som har ein wumpus, tapar han spelet. Dersom den ruta agenten klikkar på ikkje har ein wumpus, kjem det opp eit tal som vise kor mange wumpuser som finnes i dei umiddelbare naborutene. “Umiddelbar nabo” vil sei her dei fire naboene opp, ned, til venstre og til høgre, men ikkje diagonalt. Målet med spelet er at agenten skal klikke på alle rutene som ikkje har wumpus. Gå ut frå at du spele spelet vist på figuren, som illustrere nåverande tilstand av spelet. Rutene merka med a, b, c, og d er ikkje endå klikka på. Du kan referere til desse rutene ved hjelp av desse variablane. Ruta øvst til venstre er markert med 1, som betyr at den er nabo til én wumpus. Dei andre rutene viser antall wumpuser som finnes i deira naboruter.

1	a
b	2
d	c

- a) (2 poeng) Representer den nåverande tilstanden til rutenettet med propositional logikk. Bruk predikat $W(s)$ for å uttrykke at rute s inneheld ein wumpus, og $\neg W(s)$ for å uttrykke at den ikkje inneheld ein wumpus.

- b) (4 poeng)

Anta at du klikkar på ruta nederst til venstre (som er d i starten, sjå figuren) og nummer to (2) kjem opp. Dette vil sei at det ikkje er nokon wumpus på denne ruta, men at to av naboane (“adjacent squares”) har wumpuser. Representer denne situasjonen i rutenettet ved å bruke propositional logikk.

- c) (4 poeng)

Bevis at $\neg W(a)$, dvs. at ruta markert med a ikkje har wumpus. For å gjere dette, bruk kombinasjonen av den initielle kunnskapsbasen og den nye kunnskapen som er oppnådd ved å klikke på d . Vis fram beviset ditt i ei teikning.

Problem 5 (10 poeng)

Dette er eit planleggingsproblem som skal løysast med GraphPlan-algorithmen. Den initielle tilstanden er representert som $\{R, H, Q\}$. Måltilstanden er $\{D, P, C\}$. Det finnes fire handlingar, $(Cx, Wx, Tx, \text{og } Vx)$, kor deira preconditions og effekter (i form av add- og delete-listene) er vist i den følgende figuren.

Action	Precond	Add	Delete
Cx	{H}	{D}	{}
Wx	{Q}	{P}	{}
Tx	{}	{C}	{H, R}
Vx	{}	{C}	{Q, R}

- a) (1 poeng) Under kva omstende stoppar ein stopper en “plan-graf” å ekspandere?
- b) (3 poeng) Ved å starte frå nivå null (med andre ord S_0) **teikn** grafen til planen (dvs., tilstands- og handlingsnivåa og mutex-relasjonane) gjennom anvendelse av GraphPlan-algorithmten. Ekspander grafen så lenge det er nødvendig for å oppnå en plan. Bruk “NOP” for persistens-handlingar (no operation/maintenance)
- c) (3 poeng) Er det muleg å finne ein plan for dette problemet på tilstandsnivå S_1 ? Dersom ja, skriv ned planen. Dersom nei, forklar svaret ditt ved å skrive mutex-relasjonen(e) som hindrar ekstra- hering av ein plan frå grafen. Skriv ned kvar mutex-relasjon (både dei mellom tilstandane og mellom handlingane) og forklar kvifor dei er mutex.
- d) (3 poeng) Er dei følgjande planane (1) og (2), nedanfor, gyldige plan(er) for dette problemet, utifrå dine svar ovanfor? Forklar kvifor eller kvifor ikkje
1. $Cx \rightarrow Wx \rightarrow Tx$
 2. $Wx \rightarrow Cx \rightarrow Tx$

Problem 6 (10 poeng, 2 poeng kvart spørsmål)

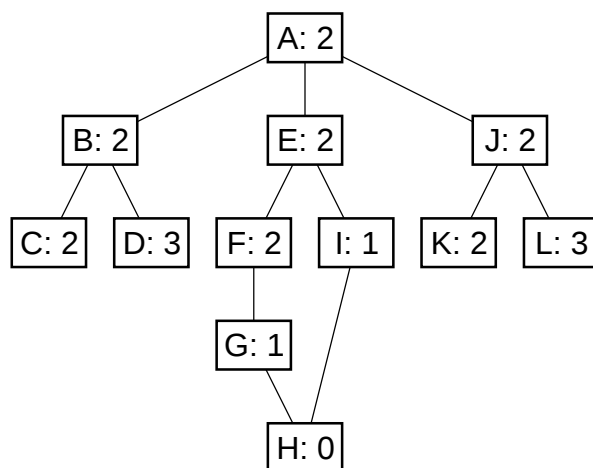
Velg de korrekte svarene (eitt for kvart spørsmål) for kvart av spørsmåla under.

- a) Kva er den primære ulempen med hill-climbing search?
- A. Søket kan sette seg fast i et lokalt maksimum
 - B. Algoritmen krev mye minne
 - C. Søket kan sette seg fast i eit globalt maksimum
 - D. Resultatet avhenge sterkt av temperatur-planen

- b) Når vi illustrerer Minimax-algoritmen, brukar vi symbola \triangle og ∇ for noder i søketreet. Ein variant av Minimax-algoritmen brukar i tillegg symbolet \bigcirc for noen av nodene. Kva representerer dette symbolet?
- A. Ein motstandar nummer to i et “multiplayer”-spel
 - B. Ein spelregel har blitt broten
 - C. Eit element av slumptreff/tilfeldigheit i spillet
 - D. Ein estimert score, på grunn av “cutoff”
 - E. Uavgjort mellom spelerane
- c) Kva av dei følgjande forskerar deltok ikkje i Dartmouth-konferansen kor namn “artificial intelligence” blei funne på?
- A. John McCarthy
 - B. Marvin Minsky
 - C. Herbert Simon
 - D. Allen Newell
 - E. Alan Turing
- d) Kva av dei følgjande er hovudmekanismen i semantiske nettverk?
- A. Resolution refutation
 - B. Generalisert modus ponens
 - C. Arv
 - D. Skolemisering
 - E. De Morgan’s lov/regel
- e) Kva av dei følgjande vil du velje som “unifier” for $UNIFY(Loves(Per, x), Loves(y, z))$? Forklar hvorfor. Ingen poeng gis uten korrekt forklaring.
- A. $(y/Per, x/z)$
 - B. $(y/Per, x/Per, z/Per)$
 - C. $(y/Per, x/z, z/Siri)$
 - D. Ingen av vala ovanfor er ein passende unifier.

Problem 7 (10 poeng)

Gitt det følgjande søkeproblemet:

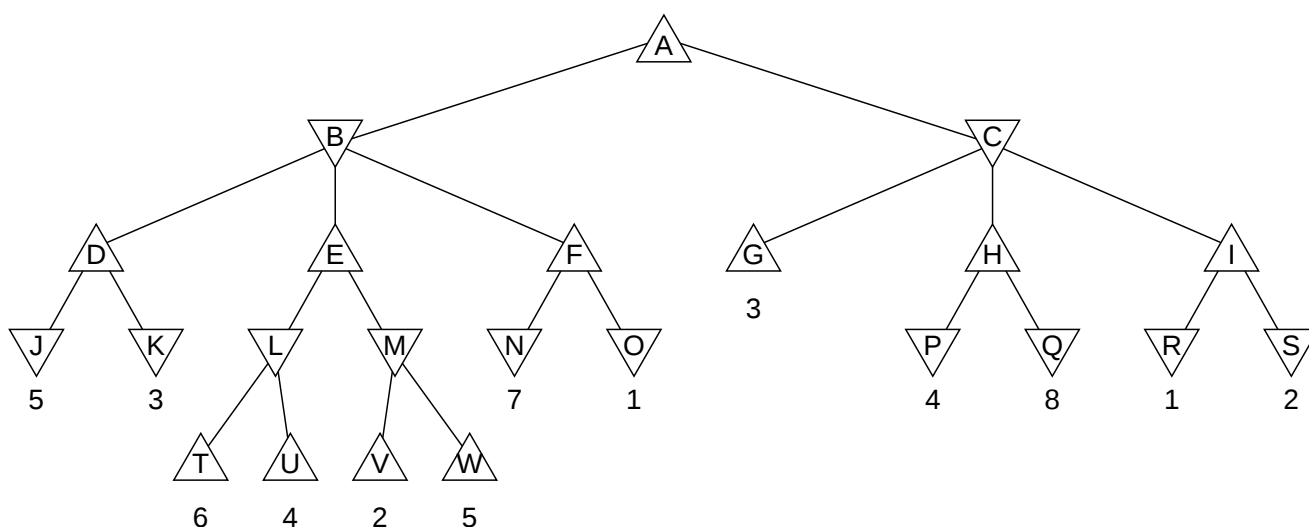


Startnoden er A og målnoden er H. Alle stegskostnader er 1, og ein heuristikkverdi er oppgitt for kvar node i figuren (for eksempel er heuristikkverdien for node D oppgitt som 3). Gå ut frå at det finnes en “mål-test”-funksjon som vil bli kalla av søkealgoritma kvar gong den treng å avgjere om ei node er ei målnode.

- (2 poeng) Ved bruk av bredde-først-søk (BFS): Kva blir sekvensen av noder som mål-test-funksjonen kjørt på? Skriv bokstavane for kvar node, og i korrekt rekkefølge.
- (1 poeng) Ved bruk av bredde-først-søk (BFS): Kva vil bli returnert som den kortaste stien til målet?
- (6 poeng) Ved bruk av A*: Kva blir sekvensen av noder som mål-test-funksjonen kjørt på? Når fleire noder har den same estimerte kostnaden, vel alltid den noden som kjem først alfabetisk.
- (1 poeng) Ved bruk av A*: Kva vil bli returnert som den kortaste stien til målet?

Problem 8 (10 poeng)

Gitt det følgjande Minimax-treet:



Lauvnodene har sine endelege nyttigheitsverdier oppgitt som tal under seg.

- (2 poeng) Kva er den endelige verdien i node A, etter å ha kjørt Minimax?
- (3 poeng) Kva er den endelege verdien for resten av de interne nodene, etter å ha kjørt Minimax? Skriv verdiane for nodene i alfabetisk rekkefølge, og utelat rotnoden og lauvnodene. Med andre ord, skriv tala i rekkefølgen B, C, D, E, F, H, I, L, M.
- (5 poeng) Kva noder vil bli beskåret når alpha-beta-klipping brukes på dette treet (gitt at noder evalueres frå venstre til høgre)? Oppgi svaret som ei liste av bokstavane til nodene i alfabetisk rekkefølge, og inkluder *alle* nodene i dei greinene som blir klippa.

LYKKE TIL!