Midterm Intelligente Systemen (B3IS)

- Het gebruik van boeken, aantekeningen, rekenmachines of andere bronnen is **niet toegestaan**.
- Je kunt 45 punten verdienen, 5 voor vraag 1, en 10 voor vragen 2 t/m 5. Je cijfer is $1 + \frac{\text{aantal punten}}{5}$.

Open vragen

1. **AI, rationele agenten**

   (a) (1 punt) In AIMA worden vier benaderingen binnen de Kunstmatige Intelligentie onderscheiden. Tegen welke van de vier is de uitspraak "Je kunt onzekere en informele kennis onmogelijk formaliseren" een argument? Verklaar je antwoord.

   (b) (1 punt) Waar staat PEAS voor?

   (c) (3 punten) Beschrijf met behulp van PEAS de taakomgeving van 'een tenniswedstrijd spelen'.

2. **Propositielogica**

   Hier volgt een Knowledge Base (KB1) met kennis over Sudoku's.

   > Als een Sudoku oplosbaar is, is hij leuk. Als hij niet oplosbaar is, dan is hij niet leuk, maar tijdverdrijf. Als een Sudoku leuk of tijdverdrijf is, dan is hij de moeite waard. Een Sudoku is goed als hij de moeite waar is.

   We willen weten of, er vanuit gaande dat deze kennis waar is, een Sudoku wel of niet (i) **oplosbaar**, (ii) **de moeite waard**, en (iii) **goed** is.

   (a) (2 punten) Het is een feit dat uit KB1 niet volgt of een Sudoku al dan niet **oplosbaar** is. Wat moet je laten zien om *dit feit* aan te tonen?

   (b) (1 punt) Uit KB1 is wel af te leiden dat een Sudoku **goed** is. Leg uit hoe je dit met een waarheidstabel kunt aantonen.

   (c) (2 punten) Vertaal de kennis in KB1 naar propositielogische formules. Gebruik als propositievariabelen o (oplosbaar), ℓ (leuk), t (tijdverdrijf), m (moeite waard), en g (goed).

   (d) (2 punten) Herschrijf de propositielogische formules die je bij vraag (c) hebt gegeven naar CNV. Laat alle stappen duidelijk zien.

   (e) (1 punt) Leg uit waarom de lege clausule ('empty clause') niet vervulbaar is.

   (f) (2 punten) Bepaal met de resolutiemethode of een Sudoku **de moeite waard** is. Beschrijf eerst hoe je dit gaat aanpakken, en voer dan de methode uit.

3. **Eerste-orde Logica**

   (a) (1 punt) Een eerste-ordetaal heeft in het niet-logisch alfabet alleen de predicaatsymbolen P^1 en G^2: $P(x)$ betekent "x is een priemgetal," en $G(x, y)$ betekent "x is groter dan y." Geef een formule in deze taal die uitdrukt "er bestaat geen grootste priemgetal".

   (b) (1 punt) Een operatie is 'commutatief' als de volgorde van de argumenten niet uitmaakt. Zo is *vermenigvuldigen* commutatief, maar *delen* niet. Geef een formule in een eerste-ordetaal met in het niet-logisch alfabet het tweeplaatsige functiesymbool f, die uitdrukt dat f **niet** commutatief is.

   (c) De eerste-ordetaal T bevat predicaatsymbolen K^2 en G^2. Beschouw de volgende twee modellen voor deze taal, $\mathcal{A} = \langle \mathbb{N}; <, > \rangle$ en $\mathcal{B} = \langle \mathbb{Z}; <, > \rangle$. Hierin zijn $\mathbb{N}$ en $\mathbb{Z}$ de verzamelingen natuurlijke respectievelijk gehele getallen, en zijn $<$ en $>$ de relaties 'kleiner dan' respectievelijk 'groter dan'. De relaties $<$ en $>$ corresponderen steeds met predicaatsymbolen K respectievelijk G. Geef aan of de volgende formules waar of onwaar zijn in $\mathcal{A}$ en $\mathcal{B}$, en verklaar je antwoord.

      i. (2 punten) $\exists x \forall y G(y, x)$: waar of onwaar in $\mathcal{A}$, waar of onwaar in $\mathcal{B}$?

      ii. (2 punten) $\forall x \exists y G(x, y)$: waar of onwaar in $\mathcal{A}$, waar of onwaar in $\mathcal{B}$?

(d) Beschouw nu de modellen $\mathcal{C} = \langle \mathbb{N}; \leq, \geq \rangle$ en $\mathcal{D} = \langle \mathbb{Z}; \leq, \geq \rangle$ voor de taal T van vraag (c). Nu zijn $\leq$ en $\geq$ de relaties 'kleiner dan of gelijk aan' respectievelijk 'groter dan of gelijk aan', die corresponderen met predicaatsymbolen K respectievelijk G. Geef aan of de volgende formules waar of onwaar zijn in $\mathcal{C}$ en $\mathcal{D}$.

i. (2 punten) $\exists x \forall y G(y,x)$: waar of onwaar in $\mathcal{C}$, waar of onwaar in $\mathcal{D}$?

ii. (2 punten) $\forall x \exists y G(x,y)$: waar of onwaar in $\mathcal{C}$, waar of onwaar in $\mathcal{D}$?

4. **Inferentie in eerste-orde Logica**

(a) (5 punten) Herschrijf de volgende formule naar CNV. Laat alle stappen van je herschrijving zien.

$$\neg\Big(\forall x\big(P(x) \to \exists y Q(x,y)\big) \land \forall y \neg R(y)\Big)$$

De volgende equivalenties kunnen nuttig zijn (het kan zijn dat je er meer of minder nodig hebt):

$A \equiv \forall x A$	als $x \notin VV(A)$	$A \equiv \exists x A$	als $x \notin VV(A)$
$(\forall x A \land \forall x B) \equiv \forall x (A \land B)$		$(\exists x A \lor \exists x B) \equiv \exists x (A \lor B)$	
$(\forall x A \land B) \equiv \forall x (A \land B)$	als $x \notin VV(B)$	$(\exists x A \lor B) \equiv \exists x (A \lor B)$	als $x \notin VV(B)$
$(\forall x A \lor B) \equiv \forall x (A \lor B)$	als $x \notin VV(B)$	$(\exists x A \land B) \equiv \exists x (A \land B)$	als $x \notin VV(B)$

Hierin is $VV(X)$ de verzameling vrije variabelen in formule X. Hernoem eventueel variabelen om equivalenties te kunnen toepassen.

(b) (1 punt) Leg uit waarom je, als je de resolutiemethode gebruikt, uitgaat van de **negatie** van de conclusie, en niet van de conclusie zelf.

(c) (4 punten) Gebruik resolutie om te bepalen of de volgende verzameling disjuncties vervulbaar is.

1	$H(a)$
2	$\neg B(a)$
3	$\neg H(x) \lor D(x)$
4	$\neg D(f(x)) \lor B(x)$
5	$A(f(x),x) \lor B(x)$
6	$\neg A(x,y) \lor \neg H(y) \lor H(x)$

5. **Prolog**

(a) (5 punten) Beschouw de volgende Prolog code, die het predicaat `s/4` definieert.

```
s(L,0,[],L).
s([X|Xs],N,[X|Ys],Zs) :-
    N > 0,
    N1 is N - 1,
    s(Xs,N1,Ys,Zs).
```

Als we het predicaat aanroepen als `s(L,N,X,Y)` met in `L` een lijst, en in `N` een natuurlijk getal, wat krijgen we dan als resultaat in `X` en `Y`? Verklaar dit aan de hand van de gegeven code.

Tip: Reconstrueer eerst, om een idee te krijgen, voor een zekere lijst, bijvoorbeeld `L=[a,b,c,d]`, wat `?- s(L,N,X,Y).` oplevert in `X` en `Y`, als je verschillende waarden neemt voor `N` (0, 1, . . .).

(b) (5 punten) Schrijf Prolog code voor een predicaat `langer/2` dat slaagt als het wordt aangeroepen met als argumenten twee lijsten waarvoor geldt dat de eerste meer elementen heeft dan de tweede.

Einde tentamenopgaven