

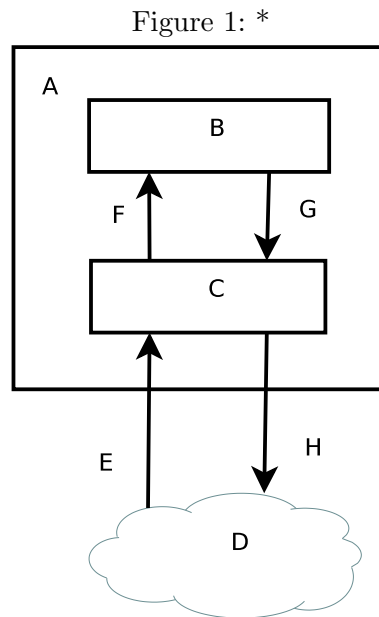
Oefentoets “World of Robots: Robots Oefentoets”

Het is toegestaan kladpapier te gebruiken. Het is NIET toegestaan een rekenmachine te gebruiken.

Totaal te behalen punten: 128.

Cijfer: (totaal aantal punten / 128) * 10.

1.(8 punten) Hieronder staat het algemene robot-model. In de tekening staan op diverse plaatsen de letters A t/m H.



Geef zinvolle benamingen voor de letters?

2.(10 punten) Wat is “hard real-time”, respectievelijk “soft real-time”? Noem van beide een voorbeeld uit je eigen persoonlijke leven en leg uit waarom het voorbeeld hard of soft real-time is? Je mag geen voorbeelden noemen die iets, ook niet vaag, met het medische domein, auto's, belasting of inleveren van toetsen van doen hebben. . .

3.(4 punten) Er zijn twee soorten manieren om de aankomst van events te beschrijven: “periodic” en “aperiodic” of “episodic”. Een voorbeeld van “aperiodic” is “bounded”. Leg in eigen woorden uit wat “bounded” betekent?

4.(4 punten) Hoe heet de tijd tussen het optreden van een event en het starten van de taak om het event af te handelen?

5.(4 punten) Wat is de “duration” van een taak?

6.(4 punten) Wat wordt bedoeld met de “complexiteit van een algoritme”? Als het ene algoritme een complexiteit heeft van $O(n \log n)$ en het andere algoritme een complexiteit van $O(n^n)$, wat is dan het minst complexe algoritme?

7.(4 punten) Wat is “jitter”?

8.(8 punten) Wat is het verschil tussen analytische en numerieke oplossingsmethodes

9.(4 punten) Een functie geeft het verband aan tussen variabelen. Volgens Wikipedia:

- Een afhankelijke variabele is een variabele waarover men een voorspelling doet.
- Een onafhankelijke variabele is een variabele die men gebruikt om voorspellingen op te baseren.

Wat zijn de afhankelijke en onafhankelijke variabelen in de volgende (C++)functie:

```
std::pair<double, double> forward_kinematics(double phi_1,
                                             double phi_2,
                                             double phi_3);
```

10.(10 punten) Zijn de matrices A en B elkaars inverse? Toon het antwoord aan met behulp van een berekening.

$$A = \begin{bmatrix} 6 & -3 \\ -2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 6 \end{bmatrix}$$

11.(10 punten) Reken de volgende matrix-vermenigvuldiging uit:

$$\begin{bmatrix} 7 & 8 & 9 \\ 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 6 & 5 & 4 \\ 9 & 8 & 7 \end{bmatrix}$$

12.(4 punten) De afgeleide van een functie met één variabele is gedefinieerd als $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$. Wat is de betekenis (semantiek) van de afgeleide van een functie?

Voor de volgende twee vragen geldt dat uit de definitie van een afgeleide volgt: $\frac{dy}{dx} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x}$. Met wat herschrijven leidt dat weer tot $\Delta y \approx \frac{dy}{dx} \Delta x$. Dit kan je gebruiken bij volgend vraag.

13.(6 punten) Laat zien dat de afgeleide van x^3 op $x = 2$ voor $\delta x = -1$ een betere voorspeller is dan voor $\delta x = 1$.

14.(6 punten) Wat betekent de functie van $\mathbb{R}^7 \rightarrow \mathbb{R}^3$? Geef een praktisch voorbeeld van een dergelijke functie?

15.(6 punten) Wat is een partiële afgeleide en bij wat voor soort functies wordt die gebruikt?

16.(4 punten) Wat staat er in een Jacobi-matrix zoals gebruikt in het algoritme van vraag 21?

17.(4 punten) Wat is een inverse functie?

18.(6 punten) Wat is de inverse functie van $y = 6x - 5$ en wat is de afgeleide van die afgeleide functie?

19.(4 punten) Wat is de betekenis (semantiek) van de afgeleide van een inverse functie?

20.(4 punten) Leg in eigen woorden uit wat “hill climbing” is?

21.(10 punten) Gegeven het inverse kinematics algoritme:

```
while ( e is too far from g)
  Compute  $J(e, \Phi)$  for the current pose  $\Phi$ 
  Compute  $J^{-1}$ 
   $\Delta e = \beta(g - e)$ 
   $\Delta \Phi = J^{-1} \times \Delta e$ 
   $\Phi = \Phi + \Delta \Phi$ 
  Compute new e vector
```

Leg in eigen woorden het algoritme uit. Het publiek van je uitleg is iemand die wel iets van wiskunde weet maar die niets weet van het algoritme en de toepassing ervan bij robotarmen. Je mag dus niet alleen maar de uitspreekbare varianten van de ingewikkelde formules opsommen. Je moet het echt uitleggen.

22.(4 punten) Wat doet $\Delta \Phi = J^{-1} \times \Delta e$ in de formule in vraag 21?