

Kokeessa saa pitää mukana käsinkirjoitettua A4-kokoista kaksipuolista "lunttilappua".

Huomaa että jokaisen koetilaisuuteen osallistuvan on palautettava vähintään tyhjä koepaperi, johon on kirjattu opiskelijanumero ja nimi.

Merkitse jokaiseen vastauspaperiin kurssin nimi, päivämäärä, opiskelijanumerosi, nimesi ja allekirjoitus. Kirjoita vastaukset selkeällä käsialalla.

HUOM: Tarkista että olet saanut kaikki tehtäväarkit. Vastaa neljään (4) tehtävään viidestä (5). Jos vastaat kaikkiin tehtäviin, arvostelussa otetaan huomioon ensimmäiset neljä. Jokaisen tehtävän maksimipistemäärä on 10.

## 1. Tekoölyn filosofiaa yms.

- a. (5 p) Esseekysymys. Sopivan pituinen vastaus on yli yhden, mutta mielellään alle kahden sivun mittainen.  
Aihe: "Miksi tekoölytutkimus on tärkeää?" (nyt ja tulevaisuudessa)
- b. (2 p) Valitse kaksi (2) esimerkkiä kulttuurissa (kirjallisuus, elokuvat, ...) esiintyvistä tekoölyistä ja kummankin kohdalla ominaisuuksia, jotka nykyään osataan toteuttaa ja ominaisuuksia, joita ei (ainakaan vielä) osata toteuttaa. Mainitse yhteensä vähintään kolme (3) ominaisuutta kummankin tekoölyn kohdalla.
- c. (1 p) Kuvaako virke "Neuroverkot olivat muodissa 1960-luvulle asti, minkä jälkeen kiinnostus lopahti" hyvin neuroverkkojen asemaa tekoölytutkimuksessa? Perustele vastauksesi lyhyesti.
- d. (2 p) Milloin (suurin piirtein) logiikkaan pohjautuvaan tekoölyyn liitetyt odotukset olivat korkeimmillaan ja minkälaisiin ongelmiin silloin törmättiin?

## 2. Etsintä ongelmanratkaisuna

- a. Tehtävänä on ratkaista pulmatehtävä, jossa kolmeen tappiin (kuvassa '|') on pujotettu kaksi rengasta, iso (kuvassa '-----') ja pieni ('---'). Sallittuja siirtoja ovat yhden renkaan siirtäminen tapista toiseen. Sääntöjen mukaan pieni rengas ei koskaan saa olla isomman renkaan alla. Isoa rengasta ei saa siirtää, jos sen päällä on pieni rengas. Alkutilassa molemmat renkaat ovat vasemmanpuoleisimmassa tapissa (iso pienemmän alla). Tavoitteena on saada molemmat renkaat siirrettyä oikeanpuoleisimpaan tappiin.

```
alkutila | | |      lopputila | | |
         --- | |      | |      ---
         ----- | |      | |      -----
         =====
```

Esimerkiksi alkutilasta voidaan siis siirtyä kumpaan tahansa seuraavista kahdesta tilasta:

```
tila A | | |      tila B | | |
       | | |      | | |
       ----- --- | |      | | |
       =====
```

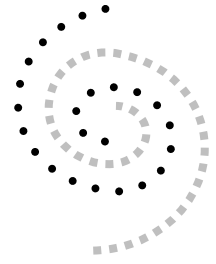
- a) (2 p) Esitä mahdolliset tilat tilakaaviona (ei siis etsintäpuuna), jossa esiintyvät kaikki alkutilasta saavutettavat tilat, ja niiden väliset siirtymät on merkitty viivoilla.
- b) (3 p) Simuloi syvyysuuntaista hakua a-kohdan tilasiirtymäkaaviossa. (Riittää luetella tilat siinä järjestyksessä, kun ne käydään läpi.) Kuinka monta tilaa haussa käydään läpi ennen kuin maalitila löytyy?
- c) (3 p) Simuloi leveysuuntaista hakua a-kohdan tilasiirtymäkaaviossa. Kumpi hakumenetelmä (leveys- vai syvyysuuntainen) löytää lopputilaan lyhyemmän polun (vähemmän siirtoja)? Onko tulos aina sama riippumatta siitä, missä järjestyksessä tiloja käydään läpi?
- d) (2 p) Kuvitellaan että tehtävänä olisi ohjelmoida Reittiopas, joka annettuna mitkä tahansa julkisen liikenteen pysäkit A ja B, viikonpäivä ja kellonaika, etsii nopeimman reitin A:sta ja B:hen käyttäen hyödyksi tietoa julkisen liikenteen reiteistä ja aikatauluista.

Miten lähtisit ratkaisemaan tehtävää käyttäen hyödyksi etsintäalgoritmeja. Mikä olisi etsinnän "tilan" esitys ja mitkä mahdolliset tilasiirtymät? Minkälainen hakualgoritmi sopisi tehtävään? Käyttäisitkö jonkinlaista heuristiikkaa, ja jos käyttäisit, mitä?

### 3. Neuroverkot

a. (3 p) Oikein vai väärin? (Pisteet: <4 oikein⇒0p, 4 oik.⇒1p, 5 oik.⇒2p, 6 oik.⇒3p)

- i. Monikerroserseptroni pystyy luokittelemaan oikein kahdesta sisäkkäisestä, eri luokkiin kuuluvasta spiraalista muodostuvan aineiston (ks. kuva oikealla).
- ii. Itseorganisoivassa kartassa testisyöte  $x_{\text{test}}$  aktivoi sitä lähimmän opetusaineisossa esiintyvän syötteen  $x_{\text{train}}$ .
- iii. Hopfieldin verkko on todennäköisyyksiin perustuva neuroverkko.
- iv. Yksi neuroverkko sisältää yleensä vain yhdenlaisia neuroneita.
- v. Neuroverkkoluokittimessa on aina vähintään kaksi neuronia.
- vi. Bayes-verkko on eteenpäin syöttävä neuroverkko, jossa ei esiinny syklejä.



b. (2 p) Mitkä piirteet ovat yhteistä eri neuroverkkotyypeille?

c. (3 p) Selitä valitsemasi neuroverkon oppimismenetelmä: Mitä opitaan, mistä ja miten? Huom. pelkkä kaava ei riitä. Selitä myös sanallisesti.

d. (2 p) Selitä edellisen kohdan neuroverkon toiminta sen jälkeen, kun se on opittu. Mitä tapahtuu, kun tietty syöte esitetään ja mikä on tulos? Käytä esimerkkinä jotakin kyseiselle neuroverkolle tyypillistä sovellusta.

### 4. Luonnollisen kielen käsittely (NLP)

a. (2 p) Olkoon kontekstittoman kieliopin säännöt seuraavat:

$$\begin{array}{lll} S \rightarrow P S & P \rightarrow \text{tosi} & N \rightarrow \text{ratkaisu} \\ S \rightarrow A N & A \rightarrow \text{hieno} & \end{array}$$

Saadaanko näitä sääntöjä soveltamalla aloitussymbolista S muodostettua lauseet ”hieno ratkaisu”, ”tosi tosi tosi hieno ratkaisu” ja ”tosi tosi hieno hieno ratkaisu”? Perustelee.

b. (4 p) Sovella CYK-algoritmia täyttääksesi oheinen taulukko:

(1,4)			
(1,3)	(2,3)		
(1,2)	(2,3)	(3,4)	
(1,1)	(2,2)	(3,3)	(4,4)
tos	tos	hieno	ratkaisu

c. (2 p) Esitä edellisen kohdan jäsenystaulukosta saatava jäsenyspuu (tai puut).

d. (2 p) Esitä esimerkki lauseesta, joka on monitulkinainen. Millä perusteella voidaan pyrkiä päättelemään ”oikea” tulkinta automaattisesti?

## 5. Todennäköisyysmallinnus

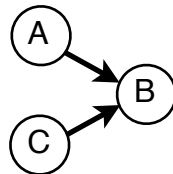
Ohessa muutamia todennäköisyyslaskennan kaavoja muistin virkistykseksi. Voit tarvita niistä joitakin – mutta et välttämättä kaikkia – seuraavissa tehtävissä.

- (i)  $P(\neg A) = 1 - P(A)$  "negaatio"
- (ii)  $P(A \vee B) = P(A) + P(B) - P(A, B)$  "disjunktio"
- (iii)  $P(A) = P(A, B) + P(A, \neg B)$  "marginalisointi"
- (iv)  $P(A_1, \dots, A_k) = P(A_1) P(A_2 | A_1) P(A_3 | A_1, A_2) \dots P(A_k | A_1, \dots, A_{k-1})$  "ketjusääntö"
- (v)  $P(A | B) = P(A) P(B | A) / P(B)$  "Bayesin kaava"
- (vi)  $A \perp B | C \implies P(A, B | C) = P(A | C) P(B | C)$  "ehdollinen riippumattomuus"

- a. (3 p) Jos potilaalla on tietty tauti, testi antaa positiivisen tuloksen 99 % todennäköisyydellä. Jos potilaalla ei ole ko. tautia, testi voi silti antaa positiivisen tuloksen; näin käy 2 % todennäköisyydellä. Taudin yleisyys väestössä on 1/10000 (yksi kymmenestä tuhannesta).

Jos testi antaa positiivisen tuloksen satunnaisesti valitun henkilön kohdalla, millä todennäköisyydellä henkilöllä on kyseinen tauti? Arvaa ensin ja laske vasta sitten (muista esittää laskutoimitus välivaiheineen, ei pelkkä vastaus). Osuiko arvauksesi lähelle oikeaa?

- b. (3 p) Olkoon Bayes-verkon rakenne seuraava:



Kaikki muuttujat (A,B,C) ovat binäärisiä eli niiden arvot ovat joko 0 tai 1. Muuttujat A ja C määräytyvät täysin satunnaisesti kolikonheittojen perusteella. Muuttuja B saa arvon 1, jos pätee  $A = 1$  tai  $C = 1$ , ja 0 muuten. Luettele Bayes-verkkoon liittyvät todennäköisyysparametrit ja niiden arvot.

- c. (4 p) Selitä miten Bayes-verkosta generoidaan dataa käyttäen esimerkkinä b-kohdan verkkoa. Simuloi menetelmää generoimalla 10 esimerkkimonikkoa.