

# Tentamen i Maskininlärning 2D1431

2006-12-18, kl 14.00 – 19.00

Tillåtna hjälpmedel: *Miniräknare*.

Preliminära betygsgränser:

$0 \leq p < 23$	$\rightarrow$	$U$
$23 \leq p < 29$	$\rightarrow$	3
$29 \leq p < 35$	$\rightarrow$	4
$35 \leq p \leq 40$	$\rightarrow$	5

## 1 Terminologi

(4p)

För var och en av termerna (a–h) i listan till vänster, ange den förklaring från listan till höger som bäst stämmer med termens användning inom maskininlärning.

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| a) Hypotes                  | 1) Mått på hur många träningsexempel som krävs                  |
| b) Begreppsindelning        | 2) Inlärning av boolska funktioner från exempel                 |
| c) Negativt exempel         | 3) Inlärning när exemplen ändras över tiden                     |
| d) Preference bias          | 4) Träningsexempel som inte ger någon ny information            |
| e) Credit assignment        | 5) Antaganden om indatapunkternas fördelning                    |
| f) Temporal difference      | 6) Terminologins roll för inlärningen                           |
| g) Linjärt separerbara data | 7) Begrepp som kan beskrivas av ett enlagers neuronät           |
| h) Entropi                  | 8) Mått på överraskningen när man får resultatet av en handling |
|                             | 9) Träningsdatapunkt som inte ingår i begreppet                 |
|                             | 10) Mått på osäkerheten   |
|                             | 11) Inlärningsalgoritmens påverkan på resultatet                |
|                             | 12) Möjligt resultat från inlärningen                           |
|                             | 13) Problemet att förstärka rätt del av ett sammansatt beteende |
|                             | 14) Datapunkter som inte bör approximeras linjärt               |
|                             | 15) Ojämn fördelning av datapunkterna                           |
|                             | 16) Hänsyn till kostnaden för varje datapunkt                   |

## 2 Boosting

(3p)

Vad krävs av en inlärningsalgoritm för att man ska kunna använda boosting för att förbättra dess prestanda? Ändras hypotesrummet av att man använder boosting? Motivera!

### 3 Candidate-Elimination

(5p)

CANDIDATE-ELIMINATION kan användas för att hitta det intervall på reella talaxeln som stämmer med träningsexemplen. Varje träningsexempel är ett reellt tal, med information om ifall det ligger i intervallet eller ej.

Ange för varje nytt träningsexempel vad mängderna  $S$  och  $G$  innehåller under träningen med dessa exempel:

$$\langle 4, - \rangle, \langle 3, + \rangle, \langle 1, - \rangle, \langle 2, + \rangle$$

Exemplen presenteras i denna ordning (från vänster till höger).

### 4 Informationsinnehåll

(5p)

Antag att du har ett begrepp som definieras av

$$b = a_1 > 0.3 \wedge a_2 > 0.5$$

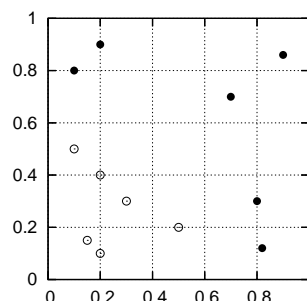
där  $a_1$  och  $a_2$  är exemplens attribut som båda är reella tal i intervallet  $[0, 1]$  med en likformig fördelning över intervallet.

- Beräkna entropin för begreppet när varken  $a_1$  eller  $a_2$  är kända.
- Vad blir den förväntade informationsvinsten av att mäta  $a_1$ ?

### 5 Neuronät

(5p)

Räkna för hand ut vikterna och tröskelvärdet i ett en-lagersnät med två ingångar så att alla punkterna i figuren klassas rätt. Fyllda cirklar ska ge utresultatet 1, öppna cirklar resultatet 0. Visa tydligt hur utsignalen räknas ut från insignalen med en formel där dina värden är insatta.



### 6 En vit Jul?

(3p)

Du bedömer normalt sett sannolikheten att vi får snö till Julafton till 60%. Du har dock lagt märke till att de år vi fått en vit Jul har du i 30% av fallen haft värk i vänster stortå. Åren utan snö har du dock haft värk i hela 80% av fallen.

I år har du haft tydlig värk i din vädertå. Gör med hjälp av denna observation en MAXIMUM-A-POSTERIORI skattning av ifall vi får en vit Jul eller ej.

### 7 Bias

(2p)

- Ge ett exempel på en inlärningsalgoritm med *restriction bias*
- Ge ett exempel på en inlärningsalgoritm med *preference bias*

## 8 Q-Learning

(5p)

Antag att du har implementerat ett program för Q-learning tänkt att användas för belöningsbaserad inlärning. Du misstänker dock att det kan ha blivit lite fel i programmet och provkör därför med ett litet testexempel.

Du konstruerar ett litet testexempel där omgivningen kan vara i fyra olika tillstånd ( $s_1, s_2, s_3$  och  $s_4$ ) och agenten i varje tidssteg väljer en av tre handlingar ( $a_1, a_2$  och  $a_3$ ).

Q-funktionen lagras som en tabell i programmet och du initierar den med dessa värden:

	$s = s_1$	$s = s_2$	$s = s_3$	$s = s_4$
$a = a_1$	0.1	0.2	0.3	0.4
$a = a_2$	0.5	0.6	0.7	0.8
$a = a_3$	0.9	1.0	1.1	1.2

Agenten befinner sig från början i tillstånd  $s_3$  och bestämmer sig där för att göra handling  $a_1$ . Den erhåller då en belöning med värdet 1 och hamnar i tillstånd  $s_2$ . Där väljer den att göra handling  $a_2$  vilket visar sig inte ge någon belöning alls men den hamnar i tillstånd  $s_4$ .

Räkna ut hur Q-värdena i tabellen borde förändras ifall ditt program fungerar rätt. Redogör för vilka Q-värden som ändras och hur mycket, när agenten utför dessa två steg. Avskrivningen av värdet av framtida belöningar ( $\gamma$ ) är satt till 0.9. Uppdateringssteget  $\eta$  är 0.2 (d.v.s. Q-värdena ändras med 20% av temporal difference-värdet).

## 9 Genetiska algoritmer

(4p)

Du vill använda en genetisk algoritm för att optimera ledningsdragningen i ett elkraftnät. Nätet skall förbinda 50 städer, givna i förväg. Optimeringen handlar om att välja vilka par av städer som ska förbindas med kraftledningar så att man dels klarar att få fram tillräckligt med energi, dels håller ned kostnaden för ledningsbyggandet. Det finns redan matematiska modeller som kan användas för att beräkna kostnaden och hur mycket energi man får fram i ett givet nätverk.

Beskriv för detta problem:

- Vilken representation använder du i *kromosomerna*?
- Vad använder du för *fitness*-funktion?
- Vad finns i din *population* och hur stor är den?
- Är det någon idé att använda *korsningar* (crossover)? Motivera!

## 10 VC-dimension

(4p)

Betrakta en begrepps-inlärningssituation där datapunkterna består av punkter på enhetscirkeln. Hypoteserna beskrivs av sektorer, d.v.s. de beskriver begrepp bestående av de punkter som ligger mellan två vinklar.

- Hur stor är hypotesmängden?
- Hur stor är VC-dimensionen?

Enbart rätt svar ger ingen poäng. Du måste motivera ditt svar!

*Lycka till!*

# Exam in Machine Learning 2D1431

2006-12-18, kl 14.00 – 19.00

Aids allowed: *calculator, language dictionary.*

Preliminary grades:

$$0 \leq p < 23 \rightarrow \textit{Failed}$$

$$23 \leq p < 29 \rightarrow 3$$

$$29 \leq p < 35 \rightarrow 4$$

$$35 \leq p \leq 40 \rightarrow 5$$

## 1 Terminology

(4p)

For each term (a–h) in the left list, find the explanation from the right list which best describes how the term is used in machine learning.

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| a) Hypothesis              | 1) Estimate of the number of training examples needed                |
| b) Concept learning        | 2) Learning of boolean functions from examples                       |
| c) Negative example        | 3) Learning when the examples change over time                       |
| d) Preference bias         | 4) A training example which provides no additional information       |
| e) Credit assignment       | 5) Assumptions about the distribution of the input data points       |
| f) Temporal difference     | 6) The role of terminology for the learning                          |
| g) Linearly separable data | 7) Concept which can be learned by a one-layered neural network      |
| h) Entropy                 | 8) Measures the surprise when receiving the result of an action      |
|                            | 9) Training data point, not part of the concept                      |
|                            | 10) Measure of the nonpredictability                                 |
|                            | 11) The learning algorithm's influence on the result                 |
|                            | 12) Possible result from the learning                                |
|                            | 13) The problem of enforcing the right parts of a compound behaviour |
|                            | 14) Data point which should not be linearly approximated             |
|                            | 15) An uneven distribution of data points                            |
|                            | 16) Taking into account the cost of each data point                  |

## 2 Boosting

(3p)

What is required from a learning algorithm in order to be able to use boosting to improve its performance. Does the hypothesis space change when boosting is used? Motivate your answer!

### 3 Candidate-Elimination

(5p)

CANDIDATE-ELIMINATION can be used to find the interval on the real axis, consistent with the training examples. Each training example is a real number, together with information about if it is in the interval or not.

Show, for each new training example, what the sets  $S$  and  $G$  will contain during training with these examples:

$$\langle 4, - \rangle, \langle 3, + \rangle, \langle 1, - \rangle, \langle 2, + \rangle$$

The examples are presented in this order (from left to right).

### 4 Information Contents

(5p)

Consider a concept defined by

$$b = a_1 > 0.3 \wedge a_2 > 0.5$$

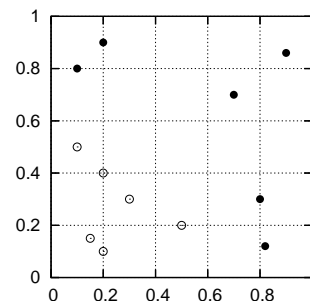
where  $a_1$  and  $a_2$  are the attributes of the examples, both real numbers in the interval  $[0, 1]$  with a uniform distribution over the interval.

- Calculate the entropy for the concept when neither  $a_1$ , nor  $a_2$  are known.
- What is the expected information gain from measuring  $a_1$ ?

### 5 Neural Network

(5p)

Manually calculate the weights and threshold value of a single layered neural network so that all the points in the figure are correctly classified. Filled circles should give the output 1, open circles should give 0. Clearly show how the output is computed from the input with a formula where your values are included.



### 6 A White Christmas?

(3p)

You estimate the probability of a white Christmas to 60%. However, you have noted that those years when we get a white Christmas, in 30% of the cases you have had an aching toe. In years without snow you have toe-ache in 80% of the cases.

This year you have a clear ache in your weather toe. Use this observation to make a MAXIMUM-A-POSTERIORI estimation of if we will get a white Christmas or not.

### 7 Bias

(2p)

- Give one example of a learning algorithm with restriction bias
- Give one example of a learning algorithm with preference bias

## 8 Q-Learning

(5p)

Suppose that you have implemented a program for Q-learning, to be used for reinforcement learning. You have a suspicion that there might be an error in the program and therefore decides to try it out with a small test example.

You create a small test example where the environment can be in four different states ( $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$  and  $s_4$ ), and the agent in each timestep chooses one out of three actions ( $a_1$ ,  $a_2$  and  $a_3$ ).

The  $Q$ -function is stored as a table in the program, and you initialize it with these values:

	$s = s_1$	$s = s_2$	$s = s_3$	$s = s_4$
$a = a_1$	0.1	0.2	0.3	0.4
$a = a_2$	0.5	0.6	0.7	0.8
$a = a_3$	0.9	1.0	1.1	1.2

The agent starts in state  $s_3$  and there decides to make action  $a_1$ . It then receives a reward of 1 and ends up in state  $s_2$ . There it chooses to make action  $a_2$  which turns out not to give any reward, but moves you to state  $s_4$ .

By hand compute how the Q-values in the table should have changed if your program was correct. State which Q-values have changed and how much when the agent made each of these two steps. The discount of future rewards ( $\gamma$ ) is set to 0.9. The update step  $\eta$  is 0.2 (i.e. the  $Q$ -value is changed by 20% of the temporal difference value).

## 9 Genetic Algorithm

(4p)

You intend to use a genetic algorithm to optimize the wiring of the power lines connecting 50 cities. The cities are given beforehand. The optimization concerns choosing which pairs of cities should be connected with powerlines in order to distribute enough energy to the cities while keeping the cost for the power lines down. You already have mathematical models which can be used to estimate the cost as well as the amount of energy a given network can transport.

For this problem, describe:

- What representation is used in the *chromosomes*?
- What will you use as your *fitness*-function?
- What is in your *population* and how large is it?
- Will you have any use for *crossovers*? Motivate!

## 10 VC-dimension

(4p)

Consider a concept learning situation where the data points are points on the unit circle. The hypotheses are defined by sectors, i.e. they define concepts consisting of the points between two specified angles.

- How large is the hypothesis set?
- How large is the VC-dimension?

The correct answer alone gives no points. You have to motivate your answer!

*Good Luck!*