



DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Ingeniería en Informática

Aprendizaje Automático
Septiembre 2005

Normas generales del examen

- El tiempo para realizar el examen es de **2 horas**
- No se responderá a ninguna pregunta sobre el examen
- Si se sale del aula, no se podrá volver a entrar durante el examen
- No se puede presentar el examen escrito a lápiz

Problema 1. (5 puntos)

Supóngase que se desea construir un sistema de aire acondicionado “inteligente” que, dados unos datos recibidos de sensores, sea capaz de autoajustar la temperatura. Se dispone de un sensor de temperatura externo, un sensor de temperatura interno, un sensor que detecta si la ventana está abierta o no (hay uno por cada una de las V ventanas), y un sensor equivalente para las puertas (uno por cada una de las P puertas). También se desea utilizar la información que pueda proporcionar un reconocedor de caras de personas que están en la habitación a partir de imágenes captadas por una cámara. Este reconocedor debe proporcionar información sobre si, para cada una de las C personas de la casa, está o no en la habitación, y también sobre si hay o no personas que no son de la casa. Se pretende construirlo de forma que, en cada momento, cuando una persona de la casa esté en la habitación pueda decirle al sistema (a través de un teclado instalado en su reloj) si está a gusto o prefiere que se incremente o decremente la temperatura un poco (hasta dos grados) o mucho (más de dos grados). Con todo ello, el sistema deberá ajustar la temperatura en cada momento dependiendo de un algoritmo que tenga en cuenta las preferencias de cada persona. El sistema puede no hacer nada, o incrementar/decrementar mucho o poco la temperatura. Se pide:

1. (2 puntos) Dada la tarea de predecir qué le gustaría a cada persona de la casa que hiciera el sistema a partir de la información de entrada descrita, definir cuáles serían las entradas y las salidas de un sistema de aprendizaje, si se utilizara una técnica tipo C4.5.
2. (2 puntos) Para la misma tarea, definir cuáles serían las entradas y las salidas, si se utilizara otra técnica que empleara otra representación diferente para las entradas.
3. (1 punto) ¿Qué otras tareas se podrían resolver por medio de técnicas de aprendizaje automático?

Problema 2. (5 puntos)

Una empresa vende D discos diferentes, L libros diferentes y V películas diferentes a sus clientes por Internet. Cada cliente, en cada venta, puede comprar varias cosas, pero, como máximo, una de cada tipo (disco, libro y/o película). Cada producto tiene un precio almacenado (entre 0 y M , siendo números enteros), y una categoría que lo describe. En el caso de los discos las categorías son ambient, hip-hop, metal, rock, pop o clásico. En el caso de los libros pueden ser de ficción o no, y, dentro de los de ficción, pueden ser romántico, policíaco, o histórico. En el caso de las películas, pueden ser acción, niños, comedia o drama. Se pretende recomendar a cada cliente, en cada venta, un artículo para la próxima vez que se conecte. Se pide:

1. (2.5 puntos) Seleccionar una técnica de aprendizaje automático para resolver la tarea y diseñar cuáles serían las entradas y salidas de un sistema que utilizara esa técnica.
2. (1 punto) ¿Cuál sería el tamaño del espacio de instancias y el de hipótesis?
3. (1.5 puntos) Elegir otra técnica, u otra representación de las entradas, y decir cuál sería el tamaño del espacio de instancias y el de hipótesis.

Soluciones del examen de Aprendizaje Automático. Septiembre 2005

Solución al problema 1

1. Para cada persona de la casa habría que aprender una descripción, que vendría descrita por la siguiente tarea. La entrada vendría dada en función de la siguiente información:

- a) Los atributos y sus rangos de valor serían:

Atributos	Descripción	Valores
t_e, t_i	sensores de temperatura	reales
$v_1 \dots v_V$	sensores de ventana i abierta	booleanos
$p_1 \dots p_P$	sensores de puerta i abierta	booleanos
$x_1 \dots x_C$	está o no persona i	booleanos
N	está o no persona ajena a la casa	booleano

Dado que esto se aprende para cada persona i de la casa, no habría que considerar el atributo x_i para aprender las preferencias de la persona i , dado que tiene que estar en la habitación para conocer, al aprender, sus preferencias, y, también para utilizar el modelo aprendido.

- b) Clase: serían cinco posibles {a-gusto, incrementar-poco, incrementar-mucho, decrementar-poco, decrementar-mucho}

La salida serían C árboles de decisión o C conjuntos de reglas que tuvieran en cuenta estos atributos y clases.

2. Si, por ejemplo, se utilizara aprendizaje por refuerzo, habría que codificar tantos estados como posibles configuraciones diferentes habría de las diferentes variables. Como hay algunas con rango infinito (t_e y t_i), habría que discretizarlas. Si, por ejemplo, se discretizan a M valores cada una, el número de estados sería

$$M \times M \times 2^V \times 2^P \times 2^{(C-1)} \times 2$$

El refuerzo podría ser el marcado en el reloj para cada persona y la clase sería aumentar/decrementar convenientemente la temperatura.

Otra alternativa sería utilizar ILP, en cuyo caso, habría que definir los diferentes predicados del conocimiento de dominio, sus argumentos y el predicado a aprender. Por ejemplo, se podría tener un predicado para la temperatura externa, otro para la interna, y así sucesivamente.

3. Otras tareas podrían ser:

- a) dada una imagen, determinar una zona de la imagen donde hay una cara de una persona
- b) dada la imagen de la cara de una persona, determinar si es de la casa o no
- c) dada la imagen de una persona, determinar quién es de entre los de la casa
- d) dada la predicción de cada persona de la casa sobre si le gusta la temperatura o no, y si desea que se incremente o decremente y dados los valores de los sensores, determinar la acción a ejecutar por el sistema de aire acondicionado

Solución al problema 2

1. Se podría, por ejemplo, seleccionar el C4.5. En este caso, las entradas y salidas serían:

- a) Una posible forma de resolver esta tarea mediante aprendizaje automático consistiría en observar dos compras consecutivas de la misma persona y crear un ejemplo en el que los atributos corresponderían a la primera compra y la clase correspondería a la segunda compra. Dentro de esta alternativa, podría haber tres ejemplos por cada par de compras, donde la clase del primer ejemplo fuera el identificador del disco que compró en la segunda compra, la clase del segundo ejemplo fuera el identificador del libro y la clase del tercer ejemplo fuera la película de la segunda compra.
- b) Los atributos y sus rangos de valor serían:

Atributos	Descripción	Valores
d	identificador del disco comprado	0 (no comprado ninguno) 1.. D
d_{cantidad}	cantidad gastada en disco	entero (0.. M)
d_{tipo}	tipo de disco	{no,ambient,hip-hop,metal,rock,pop,clásico}
l	identificador del libro comprado	0 (no comprado ninguno) 1.. L
l_{cantidad}	cantidad gastada en libro	entero (0.. M)
l_{tipo}	tipo de libro	{no,no-ficción,romántico,policiaico,histórico}
p	identificador de la película comprada	0 (no comprada ninguna) 1.. V
p_{cantidad}	cantidad gastada en película	entero (0.. M)
p_{tipo}	tipo de película	{no,acción,niños,comedia,drama}

- c) Clase: tal como se ha descrito antes, podría tener $(D + 1) + (L + 1) + (V + 1)$ posibles valores. Otra alternativa es separar las tareas de recomendar discos, libros y películas. En este caso, habría $D + 1$ clases para la tarea de recomendar discos, $L + 1$ para la de libros y $V + 1$ para la de películas. Por último también se podrían plantear $D + L + V$ tareas de aprendizaje, en las que las clases serían booleanas y corresponderían a “comprará el disco₁ o no”, “comprará el disco₂ o no”, ...
- d) Dependiendo de cómo se hayan planteado las tareas de aprendizaje en el apartado anterior, la salida podría ser 1 árbol de decisión o conjunto de reglas, 3 árboles/reglas, o $D + L + V$ árboles/reglas.
2. El espacio de instancias tendría un tamaño de

$$(D + 1) \times (M + 1) \times 7 \times (L + 1) \times (M + 1) \times 5 \times (V + 1) \times (M + 1) \times 5$$

El tamaño del espacio de hipótesis sería el número de posibles árboles de decisión o reglas que se podrían formar con estos atributos y valores. Si se piensa en términos de reglas, en general se pueden formar

$$(D + 2) \times (M + 2) \times 8 \times (L + 2) \times (M + 2) \times 6 \times (V + 2) \times (M + 2) \times 6$$

reglas diferentes. Como cada regla puede aparecer o no en el conjunto final, el número de conjuntos de reglas posibles sería

$$2^{(D+2) \times (M+2) \times 8 \times (L+2) \times (M+2) \times 6 \times (V+2) \times (M+2) \times 6}$$

3. Se podría, por ejemplo, convertir los atributos en los siguientes:

Atributos	Descripción	Valores
$d_{1\text{cantidad}}$	cantidad gastada en disco 1	0 (no comprado) 1.. M
...		
$d_{D\text{cantidad}}$	cantidad gastada en disco D	0 (no comprado) 1.. M
d_{tipo}	tipo de disco comprado	{no,ambient,hip-hop,metal,rock,pop,clásico}
$l_{1\text{cantidad}}$	cantidad gastada en libro 1	0 (no comprado) 1.. M
...		
$l_{L\text{cantidad}}$	cantidad gastada en disco L	0 (no comprado) 1.. M
l_{tipo}	tipo de libro comprado	{no,no-ficción,romántico,policiaico,histórico}
$p_{1\text{cantidad}}$	cantidad gastada en película 1	0 (no comprada) 1.. M
...		
$p_{V\text{cantidad}}$	cantidad gastada en película V	0 (no comprada) 1.. M
p_{tipo}	tipo de película comprada	{no,acción,niños,comedia,drama}

En este caso, el tamaño del espacio de instancias sería

$$(M + 1)^D \times 7 \times (M + 1)^L \times 5 \times (M + 1)^V \times 5$$

y el de hipótesis sería

$$2^{(M+2)^D \times 8 \times (M+2)^L \times 6 \times (M+2)^V \times 6}$$