

Aprendizaje automático

Machine Learning

1

Aprendizaje automático

- Definición de aprendizaje
 - Primer problema: desconocemos los mecanismos que rigen el aprendizaje humano
 - Por esto las definiciones hacen hincapié en aspectos funcionales (es decir, hechos observados como consecuencia del aprendizaje) y no en aspectos estructurales.
 - Simon señaló su frustración al intentar enseñar o transferir conocimiento a alguien, debido a que desconocemos cómo aprende una persona.

2

Aprendizaje automático

- Diferentes definiciones históricas
 - Aprender es construir o modificar representaciones de aquello con lo que se está experimentando (McCarthy, 1968)
 - El aprendizaje denota cambios en el sistema que...permiten que se realice la misma tarea...más eficiente y eficazmente la próxima vez (Simon, 1983)
 - El problema de definir aprendizaje se reduce a definir conocimiento. Aprendizaje sería el aumento de conocimiento (Dietterich, 1986)

3

Aprendizaje automático

- Aspectos claves del aprendizaje:
 - Adquisición de conocimiento
 - Inferir nuevo conocimiento a partir del ya adquirido
 - Capacidad de mejorar en una habilidad haciendo uso del conocimiento poseído
 - Capacidad de relacionarse con el ambiente: Interacción con el entorno cambiante y habilidad para prever los cambios de este entorno, modificar el estado interno de acuerdo al nuevo ambiente y eventualmente anticiparse a esos cambios (supervivencia).

4

Aprendizaje automático

- Dos formas básicas de aprendizaje:
 - Adquisición del conocimiento (knowledge acquisition):
 - Una persona aprende por ejemplo Física en el sentido de que adquiere y comprende los conceptos y comprende su relación con objetos físicos del mundo real.
 - Incorpora representaciones y crea modelos mentales (J-Laird).
 - En resumen, es el aprendizaje de nueva información simbólica y adquisición de la capacidad de aplicar dichos conocimientos.
 - Adquisición y perfeccionamiento de habilidades (skill refinement).
 - Aumento de las habilidades a través de la práctica y de la repetición.
 - Muchos procesos es una mezcla de ambas actividades.

5

Aprendizaje automático

- Definición (Mitchell): Se dice que un programa aprende de la experiencia con respecto a cierta clase de tareas T y una medida del rendimiento P si la medida del rendimiento de tareas en T medidas por P aumenta con la experiencia E.
- Por ejemplo un programa de ajedrez puede aumentar su capacidad para ganar partidas jugando contra sí mismo. En este caso:
 - Tarea T: jugar al ajedrez
 - Medida del rendimiento P: porcentaje de partidas ganadas frente a oponentes.
 - Experiencia de entrenamiento E: jugar partidas de entrenamiento contra sí mismo.

6

Aprendizaje automático

- Otros ejemplos:
 - Problema de aprendizaje de reconocimiento de manuscritos:
 - Tarea T: reconocer y clasificar palabras manuscritas
 - Medida del rendimiento P: porcentaje de palabras correctamente clasificadas.
 - Experiencia de entrenamiento E: una base de datos de palabras manuscritas correctamente clasificadas..
 - Problema de aprendizaje de un robot conductor
 - Tarea T: conducir por una autopista con sensores de visión.
 - Medida del rendimiento P: distancia recorrida sin cometer errores
 - Experiencia de entrenamiento E: secuencias de imágenes de humanos conduciendo.

7

Aspectos básicos

- Representación: *un sistema no puede aprender aquello que no puede representar*, es decir, conocimiento ?
representación
- Elección del marco de representación: Diversos algoritmos (Mitchell, Quinlan) se basan en la elección adecuada del lenguaje de instancias (ejemplos presentados) e hipótesis (conceptos posibles).
 - Esto traslada el problema a la forma de representar el conocimiento.

8

Principal aplicación del aprendizaje automático

- Problemas de clasificación, también conocido como *aprendizaje de conceptos* o *aprendizaje por generalización*
 - El clasificador puede ser inductivo o deductivo
 - El proceso de aprendizaje consiste en buscar la estructura que *mejor* y de forma más *simple* refleje la clasificación observada de los ejemplos. Se considera mejor aquella que además de clasificar los ejemplos tal y como estos se han presentado, sea capaz de acertar un mayor número de veces en la clasificación de nuevos objetos no observados.

9

Principal aplicación del aprendizaje automático

- Normalmente se establecerán reglas de clasificación (u otras representaciones reducibles a reglas como los árboles de decisión), donde para ciertos valores de atributos o características tendremos una clase o categoría.
 - Por ejemplo, SI color=rojo y tamaño=pequeño y número de rayas=3 ENTONCES la clase=pez payaso
 - El objetivo es predecir el valor de la clase para un ejemplar de pez que no haya visto antes.
- Estas reglas deben ser lo más generales posibles para poder luego predecir el valor de nuevos ejemplos.

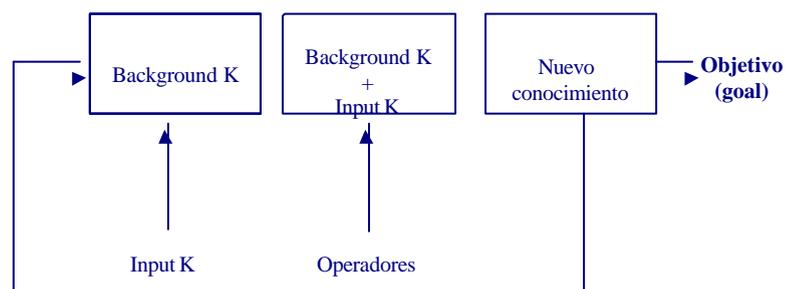
10

Aprendizaje automático

- Teoría Inferencial del Aprendizaje (ITL): propuesta por Mickalski (1990) pretende ser un marco conceptual general para caracterizar los métodos de aprendizaje existentes.
- Postula que un proceso de aprendizaje puede ser caracterizado en términos de operadores, que actuando sobre el conocimiento disponible (Background knowledge) y el conocimiento de entrada (Input knowledge) lo transforma en conocimiento especificado por el objetivo de la tarea a aprender

11

Procesos de Aprendizaje



12

Procesos de Aprendizaje

- Definimos pues **Aprendizaje** como el proceso siguiente:
 - *Dados:*
 - *Conocimiento de Entrada (IK)*
 - *Objetivos (G)*
 - *Conocimiento a priori (BK)*
 - *Operadores (O)*
 - *Determinar*
 - *Conocimiento de salida (OK) que satisfaga G aplicando operadores O al conocimiento de entrada I y al conocimiento a priori BK.*

13

Procesos de inferencia

- *Ecuación fundamental de la inferencia:* Ecuación básica para diferenciar los distintos tipos de razonamiento:
 - *Premisa + Background knowledge / consecuente*
- **Razonamiento deductivo:** se deriva el consecuente C a partir de p y BK (“*tracing forward the relationship*”)
- **Razonamiento inductivo:** se postula como hipótesis la premisa P a partir del consecuente C y de BK (“*tracing backward the relationship*”).
- Otros razonamientos posibles combinación de ambos:
- **Razonamiento analógico:** A es a B como C es a D.

14

Procesos de inferencia

- Además, un razonamiento puede ser:
 - **Razonamiento independiente del dominio:** es verdadero o falso siempre.
 - **Razonamiento dependiente del dominio:** sólo se puede afirmar que es plausible.
- Si además se da una relación causal (redes bayesianas), es útil considerar las diferentes probabilidades (condicionadas y a priori) y podemos así diferenciar entre:
 - **Razonamiento contingente deductivo:** deriva un consecuente probable C a partir de las causas representadas por P.
 - **Razonamiento abductivo:** deriva posibles causas P a partir del conocimiento de los efectos C.

15

Principales técnicas existentes

- Según sea el método inferencial usado podemos clasificar los métodos de aprendizaje en:
 - **Aprendizaje inductivo** o Aprendizaje basado en ejemplos (Michalski): generalización
 - **Aprendizaje deductivo** o aprendizaje basado en la explicación, EBL (Mitchell): demostración de teoremas
 - **Aprendizaje por analogía** (Carbonell, Russell)
 - **Aprendizaje abductivo** (de los efectos a las causas)
 - **Aprendizaje multiestrategia** o combinación de diferentes tipos de estrategias y/o diferentes tipos de aprendizaje.

16

Aprendizaje inductivo

- Realizan generalizaciones basada en las semejanzas que puedan tener los ejemplos
- Pueden partir de una clasificación de las observaciones procesadas de acuerdo con un supervisor externo (llamado por Valiant *oráculo*) en ejemplos positivos o negativos de la clase (aprendizaje supervisado)
- O tener que realizar primero una agrupación o clustering de los ejemplos según algún criterio de semejanza previamente prefijado (aprendizaje no supervisado)
- Ejemplo: árboles de decisión

17

Aprendizaje deductivo

- Surge a lo largo de los años 80
- También llamado EBL (Explanation Based Learning)
- El objetivo es obtener particularizaciones de conceptos que resultan demasiado generales para ser aplicados eficientemente (es decir, un resumen)

18

Aprendizaje por analogía

- Basado en el aprendizaje de los niños
- Se realiza una generalización inductiva sobre las relaciones que se cumplen en un determinado dominio para aplicarlo en otro dominio relacionado.
- También se llama EBR (Razonamiento Basado en Casos): se trata de almacenar y recuperar casos para trasladar las conclusiones obtenidas en la solución de nuevos casos que se van presentando, partiendo de un proceso de resolución análogo.
- El conjunto de casos es el conocimiento del sistema

19

Aprendizaje abductivo

- Dada una conclusión se proponen hipótesis que la describan
- Un ejemplo sería el proceso de diagnóstico de la enfermedad (hipótesis) a partir de los síntomas observados (efectos)

20

Aprendizaje multiestrategia

- Se trata de desarrollar sistemas de aprendizaje que integren dos o más estrategias de inferencia diferentes (inducción, deducción,..) y/o dos o más estrategias de computación diferentes (ID3, EBG,...)
- Este enfoque tiene una relación directa con los últimos modelos cognitivos establecidos mediante estudios psicológicos.

21

Otras clasificaciones

- Otros criterios de clasificación:
 - En función del tipo de razonamiento o inferencia utilizado (inductivo, deductivo o análogo)
 - En función del tipo de representación del conocimiento que se use (expresiones lógicas, reglas, marcos,...)
 - La forma en que se le suministra el conocimiento al sistema (incremental o en bloque)
 - El área de aplicación práctica del sistema
 - En función de la información de entrada:
 - Supervisado: se dan ejemplos clasificados de antemano
 - No supervisado: se dan ejemplos u observaciones no clasificadas
 - Basándose en el papel que juega el BK, el aprendizaje podrá usar mucho BK (y poco IK), mucha información de entrada (y poco BK) o una combinación de ambos.

22

Otras clasificaciones

- Otro criterio puede ser basar la clasificación en el objetivo o propósito principal del proceso de aprendizaje:
- **Aprendizaje sintético:** el objetivo es adquirir nuevo conocimiento e ir más allá del conocimiento poseído (inducción y analogía)
- **Aprendizaje analítico:** en el que poseemos un conocimiento general y lo particularizamos para hacerlo más efectivo (deducción)

23

Repaso histórico

- *Etapa Inicial (1955-1965)*
 - Se corresponde con la etapa neurocibernética de la IA (redes neuronales): conexionismo.
 - Se pretende crear una memoria asociativa, capaz de autoorganizarse y aprender de forma autónoma.
- *Etapa intermedia (1962-1976)*
 - Se parte de la premisa de que para que los sistemas tuvieran una capacidad apreciable de adquirir conocimiento había que dotarles de cierto conocimiento inicial sobre el dominio.
 - Surgen las primeras técnicas simbólicas sobre la adquisición de conceptos.
 - Los problemas resueltos podrían clasificarse de “laboratorio”

24

Repaso histórico

- *Etapa de Asentamiento (1976-1988)*
 - Aparecen las primeras aplicaciones reales
 - Se celebra la primera conferencia en la Universidad de Carnegie Mellon en 1980.
 - Se estudia sobre todo el aprendizaje inductivo en problemas de clasificación.
 - Surgen también el aprendizaje deductivo y el analógico.
- *Actualmente (1988-...)*
 - Se desarrolla el campo del aprendizaje multiestrategia.
 - Se desarrollan a su vez arquitecturas integradas (PRODIGY, SOAR, ...)
 - Se aplica con éxito a los sistemas de personalización del usuario (e-learning, Web,...), minería de datos (Data mining),...

25

Clasificación de patrones

26

Clasificación de patrones

- Por ejemplo supongamos que queremos clasificar un conjunto de peces (*patrones*) en diferentes *categorías* o clases.
- Esta clasificación la haremos en función de unas características o *atributos* de esos patrones (por ejemplo el color, tipos de escamas, tamaño,...)
- Cada uno de estos atributos tendrán un conjunto de *valores* asociados
- Al proceso de extracción de estos atributos se le llama *extracción de características*. En este proceso no sólo se trata de obtener valores sino también de elegir cuáles son los atributos necesarios para la clasificación.

27

Clasificación de patrones

- Este proceso de extracción debe ir precedido de un *preprocesado* de la imagen y de una *segmentación* (porque los peces pueden estar juntos y ser casi indistinguibles, o en un conjunto de palabras en un sistema de reconocimiento del habla debo ver cuando acaba cada una)
- Al sistema *clasificador* lo *entrenaremos* con un *conjunto de ejemplos de entrenamiento*.
- El objetivo es *generalizar*, es decir, realizar clasificaciones sobre ejemplos o patrones no vistos y clasificarlos.

28

Clasificación de patrones

- Otros métodos clásicos:
 - Regresión: se busca una descripción funcional de los datos para predecir valores de para una entrada nueva.
 - Interpolación: nosotros podemos deducir una función para un rango en concreto de la variable de entrada. El problema es inferir la función para rangos intermedios de entrada
 - Estimación de la densidad: es el problema de estimar la densidad (o probabilidad) de que un miembro de una categoría determinada tenga ciertos valores de atributos.

29

Ciclo de diseño

- Recolección de datos.
- Elección de las características o atributos.
 - Depende del conocimiento previo que tenga el sistema
- Elección del modelo de sistema clasificador.
- Proceso de entrenamiento.
- Proceso de test o evaluación del sistema con datos conocidos
- Evaluación de ejemplos desconocidos.

30

Tipos de aprendizaje

- Aprendizaje supervisado, donde se va dirigiendo al sistema en el proceso de entrenamiento.
- Aprendizaje no supervisado, donde no se corrige al sistema en su proceso de entrenamiento.
- Aprendizaje por refuerzo, en el que no se le dice la salida, sólo si ha clasificado bien o no.