

RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS

Objetivos

Después de atender este curso Vd..

- Dispondrá de un vocabulario sobre RBC
- Conocerá las técnicas de RBC
- Ventajas del RBC respecto a otros métodos
- Campo de aplicaciones

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

2

Índice

1. Introducción
2. La librería de casos
3. Recuperación
4. Adaptación
5. Evaluación
6. Aprendizaje
7. Consideraciones finales
8. Aplicaciones

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

3

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Qué es el RBC
- 1.2 Del razonamiento analógico al razonamiento basado en casos
- 1.3 Etapas
- 1.4 Ejemplos
- 1.5 Aplicaciones
- 1.6 El modelo cognitivo

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

4

1.1 Qué es el RBC?

- RBC es razonar por recuerdo
- RBC resuelve problemas nuevos adaptando soluciones que se han usado en la solución de problemas viejos
- RBC es una nueva aproximación a la resolución de problemas y el aprendizaje
- RBC es una forma con que las personas resolvemos problemas usando casos a la vez que una manera para construir máquinas que los usen

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

5

1.2 Analogía

Intuición

“Si dos situaciones son similares en algún aspecto, entonces pueden serlo en otro”.

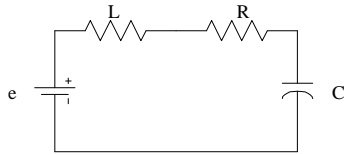
+ Si conocemos el funcionamiento de un circuito RLC, es fácil comprender un sistema de fuerzas.

- Los antiguos querían construir máquinas para volar observando como movían las alas los pájaros

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

6

Analogía +. Circuito RLC

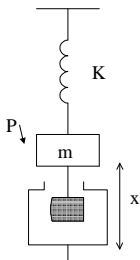


$$e = L \frac{\partial^2 q}{\partial t^2} + R \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{1}{C} q$$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

7

Analogía +. Sistema de fuerzas



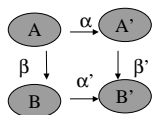
Fuerza **p** = **e** Tensión
Masa **m** = **L** Inductancia
Coef. Elasticidad **f** = **R** Resistencia
Desplazamiento **x** = **q** Carga

$$p = m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + f \frac{\partial x}{\partial t} + Kx$$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

8

Definiciones

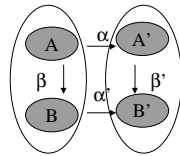


β : Causalidad entre A y B
 α : Similitud entre A y A'
 β' : Razonamiento analógico

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

9

Definiciones



dominio base dominio objetivo

el sistema solar el átomo de hidrógeno

10

Definiciones

$$\frac{\alpha(S) \wedge \beta(S)}{\alpha(T)} \quad \beta(T)$$

Analogía: proceso de inferir una conclusión β sobre una situación/objeto T por el hecho que T comparte una propiedad (o conjunto de propiedades) α con otra situación/objeto S que tiene la propiedad β

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

11

Ejemplo: Analogía entre el agua de un río y la corriente eléctrica

β : el agua se mueve desde los lugares altos hacia los bajos

α : el flujo del agua es similar a la corriente eléctrica

β' : la corriente eléctrica fluye desde el potencial alto hacia el bajo

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

12

Procedimiento analógico (modelo unificado)

1. Recuperación
2. Elaboración
3. Correspondencia
4. Justificación
5. Consolidación o aprendizaje

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

13

Modelo de Greiner

Inferencia analógica útil ($\mid \sim$): búsqueda de las suposiciones/conjeturas sobre A que aporten algo a la solución de un problema P

$$T, A \sim B \mid \sim \varphi(A)$$

T: teoría

$A \sim B$: posible analogía (α)

$\varphi(A)$: resultado de la analogía (β)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

14

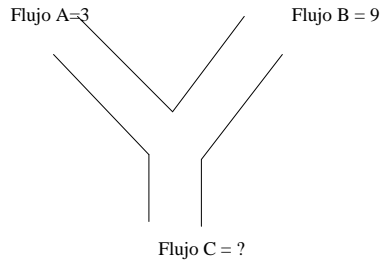
Propiedades del modelo de Greiner

- Novedad: $T \mid \neq \varphi(A)$
- Consistencia: $T \mid \neq \neg \varphi(A)$
- Fundamentación: $T \mid = \varphi(B)$
- Utilidad: $T \cup \varphi(A) \mid = P$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

15

Ejemplo (I)



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

16

Ejemplo (II)

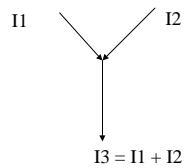
- Teoría disponible: T_{ce} (teoría sobre la corriente eléctrica)
- Novedad: $T_{ce} \neq \text{Flujo C}$
- Suposición analógica:
corriente eléctrica ~flujo del agua

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

17

Ejemplo (III)

Conocimiento sobre el dominio de la corriente eléctrica: 1ª Ley de Kirchoff (K1)



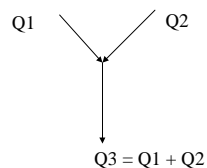
Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

18

Ejemplo (IV)

Aplicamos la K1 sobre el flujo

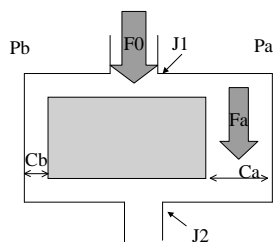
T_{ce} , Corriente~Flujo | \sim K1(Flujo)



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

19

Complejidad de la inferencia analógica útil



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

20

Analogías necesarias

K1: primera ley de Kirchoff

K2: segunda ley de Kirchoff

Ohm: Ley de Ohm

Cons: Ley de conservación

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

21

Fórmula analógica

Basada en la combinación de todas las analogías necesarias

ϕ (corriente, potencial, resistencia, resistor)

ϕ (flujo, presión, tubo, características)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

22

Dificultades

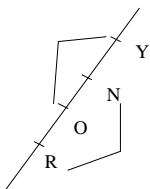
- Encontrar la correspondencia adecuada entre variables
- Conocer que propiedades de la corriente eléctrica se mantienen en hidráulica

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

23

Analogía transformacional

Equivalencia de segmentos



Si RO y NY son iguales,
demostrar que RN y OY
son iguales

$$RO = NY$$

$$ON = ON$$

$$RO + ON = NY + ON$$

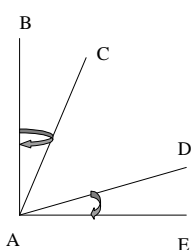
$$RO + ON = ON + NY$$

$$RN = OY$$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

24

Equivalencia de ángulos



Si BAC y DAE son iguales,
demostrar que BAD y CAE
lo son.

$$BAC = DAE$$

$$CAD = CAD$$

$$BAC + CAD = DAE + CAD$$

$$BAC + CAD = CAD + DAE$$

$$BAD = CAE$$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

25

Analogía transformacional

La aplicación estricta del mismo conjunto de
operadores, en el mismo orden, es una
solución analógica.

⇒ El modelo de analogía transformacional
resuelve la analogía mediante un
procedimiento de búsqueda de operadores.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

26

Análisis de medios a fines (*means-ends analysis*).

- Similitud entre problemas: estado inicial, final, restricciones, aplicabilidad de los operadores.
- Estrategias: búsqueda de precedentes, transformación de la solución, métodos de modificación de soluciones (permutaciones, inserciones, etc.)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

27

ARIES

- Implementación del método de analogía transformacional
- Métrica de similitud
- Operadores: inserción de un operador en la secuencia, eliminación, expansión de la solución, substitución de operadores equivalentes, etc.
- Organización de la memoria
- La búsqueda de t-operadores puede resultar muy compleja.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

28

Analogía y Razonamiento basado en casos

Razonamiento analógico:
inter-dominio



Razonamiento basado en casos:
intra-dominio

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

29

Razonamiento basado en casos

- Experto vs. principiante
- Aprendizaje vs. razonamiento
- Fundamentos analógicos
 - intra-dominio
 - aprendizaje

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

30

RBC

- Ventajas:
 - técnica de adquisición de conocimientos
 - técnica de resolución de problemas
 - dominios de difícil estructuración
- Inconvenientes
 - memoria
 - manipulación de la incertidumbre

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

31

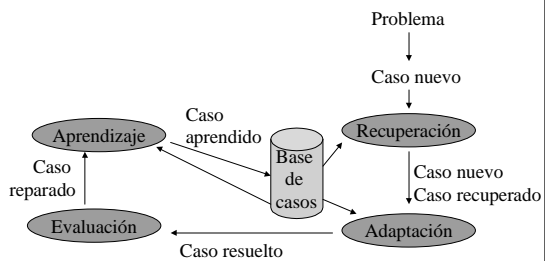
1.3 Etapas

- Recuperación
- Correspondencia (*Matching*)
- Adaptación
- Evaluación
- Aprendizaje

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

32

Etapas



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

33

1.4. Ejemplo. RBC para la generación de programas

Objetivo: generar nuevos programas a través de la adaptación de viejos

Input: comportamiento deseado del programa

Output: código

Librería de casos: trozos de código con anotaciones

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

34

Caso en la librería

Código =

(DEFUN F1 (N)

(DO ((I 1 (+ I 1))

(S 0 (+ I S)))

((> I N) S)))

Especificación =

“Sumar desde 1 hasta N”

Acumulador = +

Fuente =

Rango .tipo = entero

.inicio = 0

.final = N

.incr = +

.paso = 1

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

35

Nuevo problema

Comportamiento deseado:

multiplicar desde 1 hasta N

Especificación = “Multiplica desde 1 hasta N”

Acumulador = *

Fuente = Rango .tipo = entero

.inicio = 1

.final = N

.incr = +

.paso = 1

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

36

Recuperación y adaptación

- Recuperado: F1
- Diferencias:
 - Acumulador:
 - caso nuevo: *
 - caso recuperado: +
- Resolución de diferencias: substituir + por *

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

37

Resultado

```
(DEFUN F2 (N)
  (DO ((I 1 (+ I 1))
      (S 0 (* I S)))
    (> I N ) S)))
```

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

38

Evaluación

<i>Expresión</i>	<i>Res. Esperado</i>	<i>Res. Actual</i>
(F2 5)	120	0

Explicación del fallo: (DEFUN F2 (N)

(DO ((I 1 (+ I 1))

(S 0 (* I S)))

(> I N) S)))

(S 0 (* I S)) genera 0 * 1 * 2 * 3 * 4 * 5 = 0

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

39

Reparación

- Substituir 0 en (S 0 (* I S)) por 1.
- Nuevo resultado

```
(DEFUN F3 (N)
  (DO ((I 1 (+ I 1))
      (S 1 (* I S)))
    (> I N ) S)))
```

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

40

Aprendizaje: índices y almacenamiento

Código =	Especificación =
(DEFUN F3 (N)	“Multiplica desde 1 hasta N”
(DO ((I 1 (+ I 1))	Acumulador = *
(S 1 (+ I S)))	Fuente =
(> I N) S)))	Rango .tipo = entero
	.inicio = 1
	.final = N
	.incr = +
	.paso = 1

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

41

Conclusiones +

- Se ha generado código real
- Hay muy poco conocimiento sobre programación
- Las mismas reglas de adaptación pueden funcionar para otros trozos de código LISP
- Reglas similares pueden funcionar con otros lenguajes (PASCAL)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

42

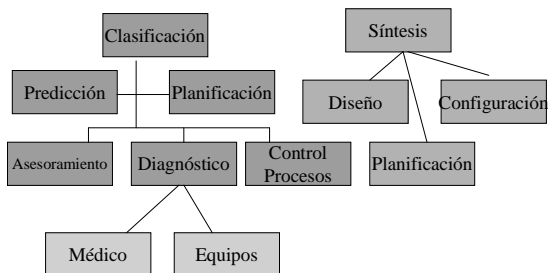
Advertencias

- Es un tipo de programación pensado para “patches” en un lenguaje no habitual del programador
- No hay garantía de que la solución generada funcione
- Se necesitaría mucho más conocimiento para adaptar diferentes códigos a objetivos múltiples
- Existe una dependencia crítica en la forma de indizar el código (especificaciones correctas).

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

43

1.5 Aplicaciones



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

44

1.6 El modelo cognitivo

- RBC: una metodología para modelar el proceso del pensamiento y razonamiento humano
 - RBC: una metodología para construir sistemas inteligentes
- ⇒ Desde el punto de vista de la ingeniería interesa la construcción de sistemas inteligentes

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

45

2. LA LIBRERÍA DE CASOS

2.1 Representación de casos

2.2 Índices

2.3 Organización: la librería de casos

2.2 Casos

- Caso: Conocimiento contextualizado que representa una experiencia en la que se muestra una lección fundamental para consolidar los objetivos de un razonamiento
- Partes:
 - Contenido (la lección)
 - Contexto (--> índices)
- Características
- Prototipos vs. individuos

Características (contenido)

- Descriptivas del problema
 - Objetivos a resolver
 - Restricciones sobre los objetivos
 - Otra información descriptiva (datos iniciales)
- Soluciones
 - La solución propiamente dicha
 - Los pasos del proceso de razonamiento (traza)
 - Justificaciones de las decisiones
 - Soluciones alternativas
 - Expectativas

Características...

- “Feedbak” del resultado (si existe)
 - Éxito o fracaso de la solución
 - Expectativas cumplidas o violadas
 - Explicación del fracaso

Explicación de las anomalías, explicación de las estrategias de reparación, siguiente caso, ...

Ejemplo

RECETA1

Ingredientes:

- Besugo(1)
- Tocino (2 tiras)
- Pimiento_morrón (2 tiras)
- Limón (1)
- Aceite_oliva (1dl)
- Vino_blanco (1dl)
- Sal
- Perejil
- Ajos (2)
- Pan_rallado (1 cuch)
- Mantequilla (1 cuch)
- Solución: Besugo_al_horno

Prototipo y individuos

RECETA1

Ingredientes:

- Besugo(1)
- Tocino (2 tiras)
- Pimiento_morrón (2 tiras)
- Limón (1)
- Aceite_oliva (1dl)
- Vino_blanco (1dl)
- Sal
- Perejil
- Ajos (2)
- Pan_rallado (1 cuch)
- Mantequilla (1 cuch)
- Solución: Besugo_al_horno

RECETA2

Ingredientes:

- Pescado (1)
- Tocino (2 tiras)
- Pimiento (2 tiras)
- Cítrico (1)
- Aceite (1dl)
- Vino (1dl)
- Especies
- Espeante (1 cuch)
- Grasa_animal (1 cuch)
- Solución: Pescado_al_horno

Casos...

- Caso de memoria vs. caso actual
(*resolviendo problemas nuevos*)
- Casos de memoria vs. casos de test
(*prueba del sistema*)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

52

2.2 Índices

- Características de los casos que se usan para recuperarlos de la memoria cuando son útiles (--> contexto)
- Propiedades:
 - Predicción
 - Utilidad
 - Abstracción
 - Concreción

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

53

Métodos de selección de índices (vocabulario)

- La aproximación funcional: se examina los casos disponibles y las tareas a realizar, buscando para que sirve cada caso y la forma en la que necesita ser descrito.
- La aproximación basada en el recuerdo: se examinan los índices que resultan naturales a los expertos humanos que realizan las tareas, buscando los descriptores que son importantes para determinar las similitudes

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

54

Vocabulario: propiedades

- Cobertura
- Expresivo
- Significado discernible
- Significado diferenciador
- Incremental y pragmático

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

55

Vocabulario de índices de aplicación general

- Menor esfuerzo de desarrollo
- Compartición de librerías

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

56

Métodos de elaboración de índices

- Las librerías se inicializan con casos no resueltos previamente por el sistema
- Métodos:
 - A mano (manual)
 - A máquina (automáticos)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

57

Método manual: procedimiento

- Determinar para qué sirve el caso
- Determinar cuándo (circunstancias) es útil referenciar el caso respecto a la tarea que realiza el sistema
- Traducir las circunstancias al vocabulario de índices
- Generalizar y concretizar las circunstancias según convenga

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

58

Método manual: adecuado cuando

- Los casos son complejos
- Se requiere una indexación precisa
- Se necesita mucho y complejo conocimiento para generar los índices

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

59

Métodos automáticos

- Lista de características predictivas
 - Son difíciles de calcular
 - Requieren un mantenimiento
- Basados en explicaciones
 - Asignación de créditos y culpas a los índices en función del éxito o el fracaso
 - Muy dependiente del dominio

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

60

Métodos automáticos...

- Basados en diferencias
 - Determinar las características que diferencian el caso del resto de casos de la librería
 - Recuperación más ajustada
- Combinación de todos los métodos anteriores

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

61

2.3 Organización de la librería

- La librería de casos se puede ver como un caso especial de bases de datos.
 - Tiene grandes cantidades de datos
 - Los datos deben ser recuperados de forma eficiente

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

62

Organizaciones de memoria

- Organización plana, búsqueda en serie
- Organización jerárquica, redes de características compartidas
- Redes de discriminación con prioridades
- Redes de discriminación con redundancias
- Organización plana, búsqueda en paralelo
- Organización jerárquica, búsqueda en paralelo

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

63

Organización plana, búsqueda en serie

- Los casos se almacenan en una lista, tabla, fichero.

Pequeño Rojo Esfera	Pequeño Rojo Pirámide	Grande Rojo Esfera	Grande Azul Prisma
---------------------------	-----------------------------	--------------------------	--------------------------

- Búsqueda: recorrido por todos los casos

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

64

Input: Grande, Naranja, Prisma

	Tamaño	Color	Forma
Pequeño, Rojo, Esfera	no	parcial	no
Grande, Rojo, Pirámide	si	parcial	no
Grande, Rojo, Esfera	si	parcial	no
Grande, Azul, Prisma	si	no	si

Output: Grande, Azul, Prisma

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

65

Organización plana ...

- Ventajas
 - Devuelve el caso o conjunto de casos más similares
 - El proceso de añadir un caso es simple
- Inconvenientes
 - La recuperación es costosa
- Variaciones
 - Indexación superficial
 - Partición de la librería de casos
 - Búsqueda y comparación en paralelo.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

66

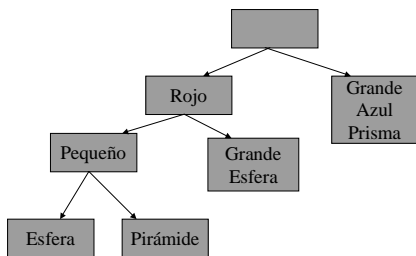
Organización jerárquica, redes de características compartidas

- Cada caso en un nodo de un árbol o DAG
- El grafo subdivide el espacio en función de las características compartidas por los casos
- Se pueden incluir umbrales (*threshold*) sobre los valores de las características.
- Recuperación: se recorre el árbol en amplitud, siguiendo los nodos (*clusters* de casos) que tienen mayor similitud.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

67

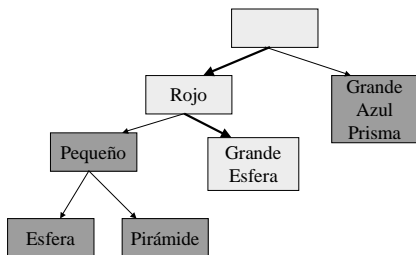
Ejemplo



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

68

Input: Grande, Naranja, Prisma



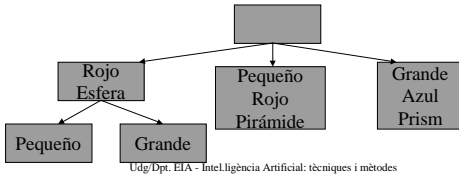
Output: Grande, Roja, Esfera

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

Grande, Roja, Esfera

Consideraciones

- La jerarquía de los nodos debe de corresponder a la importancia de las características.
- En el ejemplo, si FORMA es más importante que COLOR:



70

Organización jerárquica...

- Ventajas
 - Más eficiente
- Inconvenientes
 - La incorporación de un caso es más compleja
 - El mantenimiento óptimo es costoso
 - Se necesita espacio para la organización
 - No hay garantía de que algún caso mejor no se recupere

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

71

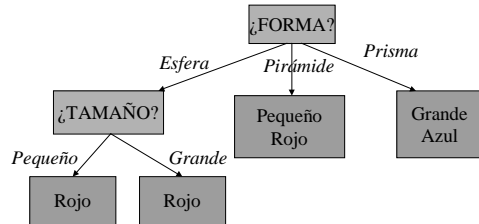
Redes de discriminación con prioridades

- Cada nodo representa una característica
- Los subnodos son posibles valores a la característica del nodo padre
- Las características más importantes están próximas a la raíz del árbol
- Recuperación: preguntar la característica asociada al nodo y descender por el subnodo que corresponda al valor

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

72

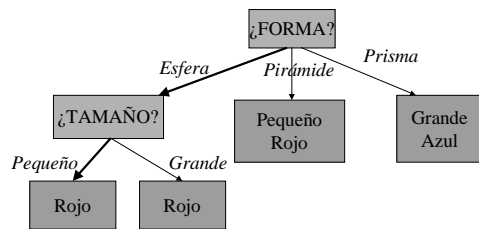
Ejemplo



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

73

Input: Pequeño, Rojo, Esfera



Output: Pequeño, Rojo, Esfera

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

74

Redes...

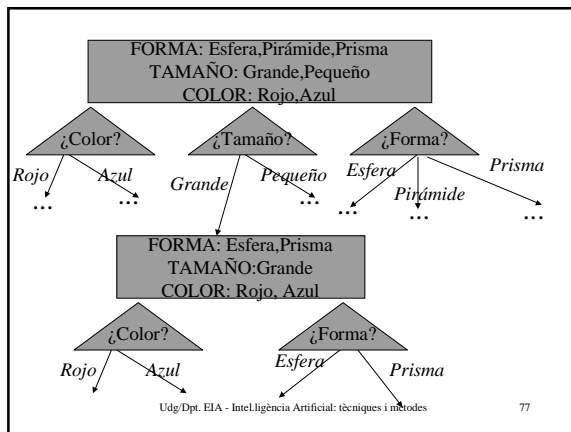
- Ventajas
 - Las mismas que las redes de características compartidas
 - La recuperación basada en preguntas y respuestas es más eficiente
 - Se tiene en cuenta la utilidad de las características
- Inconvenientes
 - Las mismas que las redes de características compartidas
 - Manipulación de la información incompleta

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

75

Redes de discriminación con redundancias

- Pueden manipular información incompleta
- Organizan los ítems usando diferentes redes de discriminación, cada una de ellas con un orden de preguntas diferentes
- Las redes se atraviesan en paralelo.



Redes...

- Ventajas
 - Cuando falta información para seguir por una red, se puede continuar el proceso por otra red alternativa
 - Generalización de los casos a medida que se incorporan en memoria

Redes...

- Inconvenientes
 - Se necesita espacio extra
 - El proceso de recuperación puede devolver muchos casos
 - Coste alto del proceso de incorporación

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

79

Organización plana, búsqueda en paralelo

- Cuando se dispone de una máquina paralela
- Los casos se almacenan como vectores de características en una memoria direccionable por contenido (eg. *Connection Machine*)
- Recuperación: en paralelo, a través de los vectores de características

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

80

Organización plana...

- Ventajas
 - Se analizan todos los casos
 - Es rápido (depende de las características de la máquina)
 - El proceso de añadir un caso es sencillo
- Inconvenientes
 - El hardware es caro
 - Sensibilidad limitada cuando se requiere “matching” contextual o parcial

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

81

Organización jerárquica, búsqueda en paralelo

- Cada caso y cada nodo tiene asociado un procesador
- Por cada par atributo-valor del caso nuevo se recupera todos los nodos, seleccionando el más específico (y sus antecesores)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

82

Organización jerárquica...

- Ventajas
 - Se permiten generalizaciones
 - Recuperación eficiente
- Inconvenientes
 - Se recuperan muchos casos

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

83

Conclusiones sobre las implementaciones paralelas

- Los índices dejan de ser mecanismos para limitar la búsqueda (serie) para pasar a ser identificadores de casos.
- Elaboración de mecanismos de recuperación basados en índices en lugar de estructuras de organización
- Multiplicidad de mecanismos de índices
- Las organizaciones jerárquicas siguen siendo importantes

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

84

Librería de casos. ¿Dónde almacenar los casos?

- Bases de datos
 - librería de casos grande
 - compartición con otras aplicaciones
- Memoria
 - librería de casos pequeña
 - no necesita compartir con otras aplicaciones

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

85

3. RECUPERACIÓN

- Dado
 - Un caso de test
 - Una librería de casos
- Obtener
 - un conjunto de casos similares y útiles par el caso actual

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

86

Recuperación...

3.1 Tipos de similitud

3.2 Comparación (*matching*)

- Entre características (local)
 - Similitud total o exacta
 - Similitud parcial
- Entre casos (global)
 - Similitud total o exacta
 - Similitud parcial

3.3 Ordenación de los casos recuperados (*ranking*)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

87

3.1 Tipos de similitud

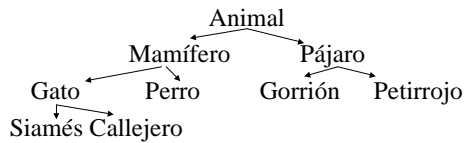
- Estructural
- Semántica
- Organizativa
- Pragmática

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

88

3.2 Comparación entre características

- Basadas en una jerarquía de abstracción



- Un par de valores son más similares si su MSCA es más específico que otro.
- Asignación de valores de especificidad

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

89

Comparación entre características...

- Distancia cualitativa

viejo: > 60
adulto: [40,59]
joven: [20,39]

matching(62,75) --> exacto
matching(62,70) --> exacto
matching(36,62) --> parcial (separados 2 regiones)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

90

Comparación entre características...

- Distancia cuantitativa
 - Comparación numérica
matching(62,75) --> 13
 - Normalización
matching(62,75) --> 0.13
(suponiendo un rango de edades entre 0 i 100)

Comparación entre casos: Procedimientos de matching

- Procedimientos numéricos
 - Función de evaluación numérica
 - Importancia de las características
 - Grado de similitud
 - Puntuación (*matching score*)
 - *Nearest-neighbor matching*: los casos son más similares si su puntuación es más alta

Funciones de similitud numéricas

$$sim(C_i, C_j) = \frac{\sum_{f \in C_i} \sum_{f_j \in C_j} sim(f_i, f_j)}{|C_i|}$$

$$sim(C_i, C_j) = \frac{\sum_{f \in C_i} \sum_{f_j \in C_j} w_i sim(f_i, f_j)}{\sum_{f \in C_i} w_i}$$

	Caso1	Caso2	Caso3	Nuevo
nombre	Juan	José	Jorge	Javier
posición	stop	fuera	3ª base	2ª base
edat	27	28	28	31
experiencia (años)	91	54	236	103
altura	72	72	71	72
peso	160	185	175	200
agilidad	buena	moderada	alta	moderada
media "bates"	268	243	291	263
media golpes	294	346	411	375
rbi's	14	14	79	36
carreras a base	0	2	13	7
bases perdidas	3	6	3	1
strikeouts	35	15	100	51
dobles	2	5	41	12
triples				

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 94

	Importancia	Caso1	Caso2	Caso3
nombre	0			
posición	.8	.8	.6	.8
edat	.4	.8	.8	.8
experiencia (años)	.4	.8	.2	.2
altura	0	1	1	1
peso	0	.6	.8	.7
agilidad	1	.7	1	.5
media "bates"	1	1	.9	.8
media golpes	1	.4	.8	.8
rbi's	.8	.2	.2	.2
carreras a base	.8	0	.2	.4
bases perdidas	1	.2	.1	.2
strikeouts	.8	.4	.2	.3
dobles	.4	0	.3	0
triples	.4	.5	.5	.3
puntuación	8.8	4.26	4.48	4.18
puntuación normalizada		.484	.509	.475

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 95

Procedimientos de *matching*...

- Procedimientos heurísticos
 - Basados en evidencias:
El primer caso que se encuentra que se ajusta al actual, es el que se elige
 - Basados en preferencias
- Procedimientos mixtos
 - Filtros por determinadas características
 - Problema de determinar las preferencias y su orden de aplicación.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 96

Similitud...

- Cómo tratar las características ausentes
 - respecto al caso de test
 - respecto a los casos en memoria
 - respecto a las generalizaciones

3.3 Ranking

- Eliminar los casos con puntuación baja
- Ordenar los casos
 - Valorar las características que aparecen siempre conjuntamente (contexto)
 - Hacer un balance (*trade-off*) entre el número de características presentes y ausentes
 - Valorar el coste inferencial de la adaptación
 - Considerar los casos más específicos antes que los más generales
 - Preferir los casos más frecuentes
 - Preferir los casos más recientes

Ranking...

El proceso de selección del caso mejor debe de ser un método rápido.
De otra manera la eficiencia del razonamiento basado en casos se pierde.

4. ADAPTACIÓN

- Objetivo:
 - Ajustar la solución no-exacta para adecuarla al problema actual
 - Reparar una solución errónea
- Qué adaptar: valores , estructuras
- Métodos
 - Substitución (4.1)
 - Transformación (4.2)
 - Otros (4.3)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

100

4.1 Métodos de substitución.

- Reinstanciación
- Adecuación de parámetros
- Búsqueda local
- Consulta en memoria
- Búsqueda especializada
- Substitución basada en casos

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

101

Métodos de substitución. Reinstanciación.

- Existen instanciaciones diferentes para los mismos objetos entre el caso actual y el caso recuperado de memoria
- Pasos:
 - Abstractar los objetos de el caso actual y el caso de memoria
 - Calcular las correspondencias
 - Instanciar de nuevo la solución del caso en memoria de acuerdo a las correspondencias establecidas

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

102

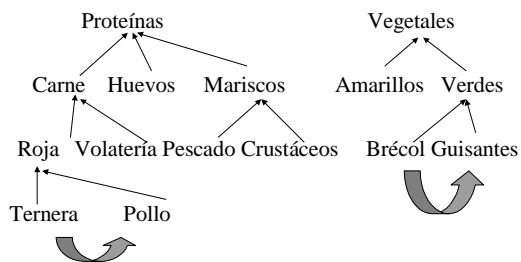
Ejemplo

Caso actual	Caso de memoria
Fritura	Fritura
Pollo y guisantes	Ternera y brécol
↕ ?	
Cortar el brécol en trozos, desmenuzar la ternera , marinar el ternera en	Cortar el brécol en trozos, desmenuzar la ternera , marinar el ternera en

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

103

Ejemplo...



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

104

Ejemplo

Caso actual	Caso de memoria
Fritura	Fritura
Pollo y guisantes	Ternera y brécol
Cortar el guisantes en trozos, desmenuzar la pollo , marinar el pollo en	Cortar el brécol en trozos, desmenuzar la ternera , marinar el ternera en

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

105

Métodos de sustitución. Adecuación de parámetros

- Hay características diferentes en el caso actual
- Pasos
 - Comparar los casos y extraer las soluciones
 - Para cada diferencia, aplicar una heurística de ajuste especializada.
- Si es necesario, la adecuación de parámetros se puede realizar antes o después de la reinstanciación.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

106

Ejemplo

Caso actual

M golpea a E varias veces.

E resulta levemente herido.

E golpea a M varias veces.

M cae.

M golpea E varias veces,

rompiéndole la nariz.

E apuñala a M con un cuchillo,

una vez, matando a M.

Caso de memoria

H golpea a G varias veces.

G resulta levemente herido.

G golpea a H varias veces.

H cae.

H golpea a G **muy fuerte** varias

veces, rompiéndole las costillas.

G dispara a H con una pistola

varias veces, matando a H.

Sentencia: Asesinato, 25 años.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

107

Ejemplo...

- En los dos crímenes ha habido un muerto.
- Diferencias:
 - Caso de memoria demuestra más acción
 - Caso de memoria repite la acción
 - El caso de memoria es peor

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

108

Ejemplo... de heurísticas

Conflictos parecidos, crímenes diferentes:

SI un crimen tiene un resultado peor pero una justificación de intención, y los crímenes son diferentes
ENTONCES incrementar o decrementar la sentencia el 25%

Fuerza extrema, crímenes iguales:

SI aparece fuerza extrema en un crimen sin justificación de intención, y los crímenes no son diferentes
ENTONCES incrementar o decrementar la sentencia el 50 %

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

109

Ejemplo...

Caso actual

M golpea a E varias veces.
E resulta levemente herido.
E golpea a M varias veces.
M cae.

M golpea E varias veces,
rompiéndole la nariz.

E apuñala a M con un cuchillo, una vez, matando a M.

Sentencia: Asesinato, **15** años

Caso de memoria

H golpea a G varias veces.
G resulta levemente herido.
G golpea a H varias veces.
H cae.

H golpea a G **muy fuerte** varias veces, rompiéndole las costillas.

G dispara a H con una pistola varias veces, matando a H.

Sentencia: Asesinato, **25** años.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

110

Métodos de substitución. Búsqueda local

- Alguna característica de la solución (caso de memoria) no satisface los requerimientos del caso actual.
- Método: substituir el valor por otro buscando en una jerarquía de abstracción un valor próximo que funcione.
- Pasos:
 - Abstracción
 - Refinamiento

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

111

Ejemplo

Caso actual

El Challenger es una nave espacial.
El Challenger está en buen estado.
El Challenger ha ido al espacio
varias veces.
El Challenger ha explotado.

Caso de memoria

JM es un corredor.
JM está en buena forma.

JM ha muerto.

JM tenía un defecto en el corazón,
desconocido previamente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

112

Ejemplo...

- Es imposible obtener una explicación ya que no se puede establecer una correspondencia entre los casos
- Haciendo una búsqueda local sobre explosión se puede encontrar una característica que se aplique también al caso de memoria:
 - explosión --> funcionamiento defectuoso
 - muerte --> funcionamiento defectuoso

113

Ejemplo...

Caso actual

El Challenger es una nave espacial.
El Challenger está en buen estado.
El Challenger ha ido al espacio
varias veces.
El Challenger ha explotado.

El Challenger tenía un defecto en
el corazón, desconocido
previamente

Caso de memoria

JM es un corredor.
JM está en buena forma.

JM ha muerto.

JM tenía un defecto en el corazón,
desconocido previamente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

114

Ejemplo...

- Problema: el Challenger no tiene corazón.
- Solución: buscar (localmente) una característica que se corresponda:
 - corazón --> bomba
- El Challenger sí tiene bombas.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

115

Ejemplo...

Caso actual

El Challenger es una nave espacial.
El Challenger está en buen estado.
El Challenger ha ido al espacio varias veces.
El Challenger ha explotado.

El Challenger tenía un defecto en **una bomba**, desconocido previamente

Caso de memoria

JM es un corredor.
JM está en buena forma.

JM ha muerto.

JM tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

116

Búsqueda local. Consideraciones

- Los elementos que faltan deben de pertenecer a una red semántica para poder realizar la búsqueda
- La búsqueda debe de tener directrices (heurísticas) para controlar las abstracciones a seguir
- La búsqueda debe de tener directrices para controlar los refinamientos a seguir.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

117

Métodos de sustitución. Consulta a memoria

- Alguna característica de la solución (caso de memoria) no satisfice los requerimientos del caso actual.
- La búsqueda local no proporciona ninguna respuesta satisfactoria.
- Se dispone de una descripción sobre el elemento (característica) requerida.
- Método: buscar en memoria dicha característica

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

118

Ejemplo

Caso actual

Planifica una comida.
Método de preparación: estofado.

Caso de memoria

Planifica una comida
...

Entrante: ...
Plato principal: Boullabaisse.
Postre: ...

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

119

Ejemplo...

- Información adicional: se deberían consumir patatas y una carne de la nevera.
- Sugerencia: substituir el plato con otro que contenga los ingredientes deseados
- La búsqueda local no encuentra ninguna sustitución
- Búsqueda en memoria --> Estofado Irlandés

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

120

Ejemplo

Caso actual

Planifica una comida.
Método de preparación: estofado.

Entrante: ...
Plato principal: Estofado Irlandés.
Postre: ...

Caso de memoria

Planifica una comida
...

Entrante: ...
Plato principal: Boullabaisse.
Postre: ...

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

121

Métodos de substitución. Búsqueda especializada

- Alguna característica de la solución (caso de memoria) no satisface los requerimientos del caso actual.
- La búsqueda local no es aplicable o no conduce a ninguna solución.
- Método: proporcionar indicaciones de como buscar la alternativa.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

122

Ejemplo

Caso actual

LB es un jugador estrella del baloncesto
LB ha muerto de un ataque al corazón.

?

Caso de memoria

JM es un corredor.
JM está en buena forma.
JM ha muerto.

JM tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.



JM murió después de correr.

Porqué murió LB?

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

123

Ejemplo. Heurísticas.

Para encontrar que ha podido causar algo,

⇒ buscar el evento causante en el consecuente de una regla causal y hipotetizar el antecedente

Para encontrar una acción realizada por un determinado actor,

⇒ buscar cosas comunes que el actor hace mediante

- 1) roles temáticos comunes
- 2) las acciones que los personajes hacen en los roles

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

124

Ejemplo

LB, un jugador de baloncesto, normalmente practica sprints, una especie de carreras cortas y veloces.

Caso actual

LB es un jugador estrella del baloncesto

LB ha muerto de un ataque al corazón.

Estuvo haciendo *sprints* que le provocaron el ataque al corazón.

LB tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.

Caso de memoria

JM es un corredor.

JM está en buena forma.

JM ha muerto.

JM tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

125

Métodos de substitución. Substitución basada en casos

- Alguna característica de la solución (caso de memoria) no satisface los requerimientos del caso actual.
- La búsqueda local no es aplicable o no conduce a ninguna solución.
- Método: Encontrar un caso que proporcione una alternativa. Recuperarlo y usarlo.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

126

Substitución basada en casos. Requerimientos

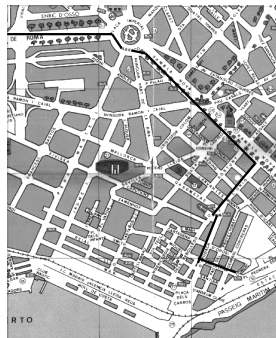
- El sistema ha de ser capaz de construir descripciones de lo que debe buscar
- Los casos deben de estar indexados de tal manera que se permita la recuperación basada en piezas de casos.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

127

Ejemplo

- Ruta en una hora normal
- Avenidas principals
 - Vías rápidas

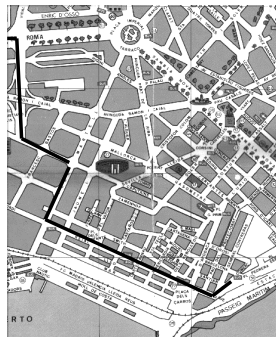


Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

128

Ejemplo

- Ruta en una hora punta
- Calles secundarias
 - Vías poco frecuentadas



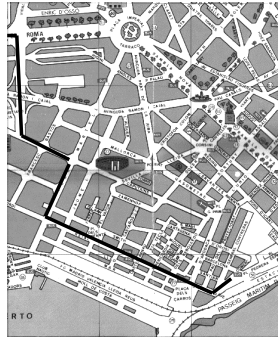
Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

129

Ejemplo

Cada ruta una colección de casos

Un caso nuevo se elabora con la combinación de varios casos en memoria en función del estado de la hora



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

130

4.2 Métodos de transformación

- Transformación basada en el sentido común
- Reparación guiada por modelos

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

131

Transformación basada en el sentido común.

- Algunos elementos de la solución de memoria violan las restricciones del caso actual y no existe una substitución.
- Utilizar reglas de transformación de sentido común para transformar dichos elementos.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

132

Heurísticas

- Eliminar una característica secundaria
- Substituir una característica
- Añadir una característica
- Adecuar una cantidad de una característica

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

133

Ejemplo

Caso actual

Planifica una comida.

Italiana

Pasta

Restricción: Invitados vegetarianos

Caso de memoria

Planifica una comida

Italiana

...

Entrante: ...
Plato principal: Lasaña.
Postre: ...

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

134

Ejemplo... Transformaciones.

- Eliminar un ingrediente secundario
(eliminar carne)
- Substituir una característica
(carne --> espinacas)
- Substituir una característica
(carne --> atún)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

135

Transformación basada... Requerimientos

- El sistema debe de ser capaz de identificar los elementos que pueden ser transformados
- Las representaciones de los casos deben separar componentes principales de los secundarios
- Las representaciones deben de mantener relaciones internas entre sus elementos (restricciones).

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

136

Métodos de transformación. Reparación guiada por modelos.

- Algunos elementos de la solución de memoria violan las restricciones del caso actual
- Existe un modelo causal que describe las relaciones entre los diferentes componentes de un caso

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

137

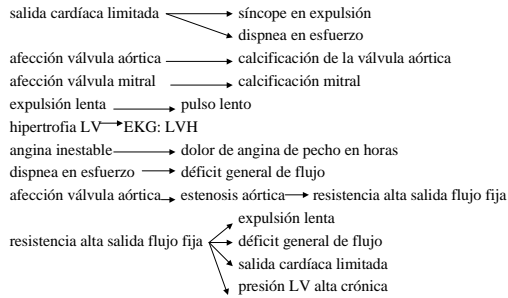
Reparación guiada por modelos...

- Pasos:
 - Extraer las diferencias entre el caso actual y el caso de memoria
 - Evaluar las diferencias a través del modelo causal
 - Por cada diferencia, aplicar el modelo de reparación correspondiente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

138

Ejemplo. Modelo causal.



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

139

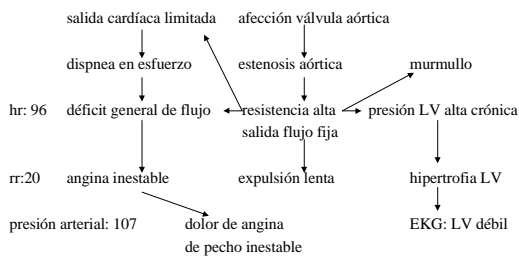
Ejemplo. Modelo causal.

EGC: seno normal y LV débil es cualitativamente lo mismo que EKG: seno normal y LVH
 Edad 62 para arriba es la misma región cualitativa
 Pulso entre 55-80 es normal
 Pulso ente 81-100 es ligeramente alto
 Temperatura 97.5-99 es normal
 Angina inestable y angina en horas y inestable son cualitativamente lo mismo

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

140

Ejemplo.



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

141

Ejemplo.

Num.	Característica	David	Newman
1	edad	72	65
2	pulso (ratio)	96	90
3	temperatura	98.7	98.4
4	cambio ortostático	ausente	desconocido
5	angina	inestable	en horas y inestable
6	presión arterial	107	99.3
7	síncope	ninguno	en esfuerzo
8	auscultación	murmullo	desconocido
9	pulso	normal	bajo
10	EKG	seno normal & lv débil	seno normal & lvh
11	calcificación	ninguno	mitral & aórtica

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

142

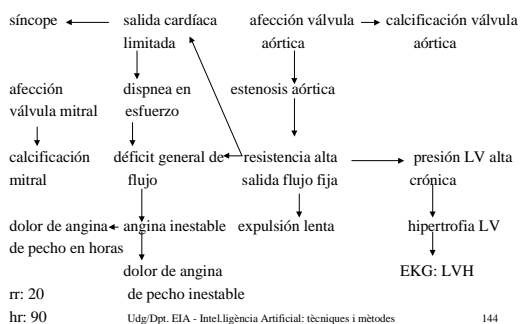
Ejemplo. Adaptaciones

- Substituir: hr:90/hr:96
- Eliminar: presión arterial 107
- Añadir: angina estable en horas
- Eliminar: murmullo
- Añadir: pulso bajo, expulsión lenta
-

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

143

Ejemplo.



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

144

4.3 Otros métodos.

Métodos de propósito especial para la adaptación y reparación

- Adaptación específica de un dominio
CHEF: Si los ingredientes son gambas, insertar un paso de pelarlas
- Modificación de estructuras
JULIA: Si la función de un componente es satisfecha por otro y el primero no tiene ninguna otra justificación, entonces eliminarlo.
(Entremés-Pasta-Lasaña-Postre --> Entremés-Lasaña-Postre)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

145

Métodos de propósito especial...

- Reparación de propósito general
CHEF: Añadir un paso después de la acción que causa el efecto no deseado
(eliminar el líquido resultante de cortar las fresas antes de añadir las)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

146

Otros métodos.

Reaplicación de los pasos inferenciales

- Cálculo de la solución para el caso actual siguiendo los mismos pasos inferenciales (traza) utilizados en el caso de memoria.

⇒ Se requiere un resolutor de problemas (generativo)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

147

Adaptación. Consideraciones

- Identificar qué se necesita adaptar
 - Diferencias entre las especificaciones
 - Diferencias entre las soluciones
 - Uso de una lista
 - Uso de una historia de adaptaciones
 - Basada en una explicación de un fracaso
- Identificar qué parte de la solución se debe de cambiar para adaptar

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

148

Adaptación. Consideraciones...

- Identificar métodos de adaptación y heurísticas aplicables
- Seleccionar una estrategia de adaptación
 - Realizar las adaptaciones más específicas primero
 - Probar estrategias fáciles (búsqueda local, adecuación de parámetros)
 - Usar estrategias más complejas solamente cuando las fáciles fallen (requieren más análisis y coste inferencial)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

149

Adaptación. Consideraciones...

- La importancia de utilizar varios casos:
 - Comprobaciones de consistencia
 - Uno para cada tarea
 - Elaboración del problema
 - Proporcionar explicaciones de fracasos
 - Proporcionar estrategias de reparación
 - Derivar diferentes partes de una misma solución
 - Focalizar en diferentes partes del problema

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

150

5. EVALUACIÓN

- Oráculo
- Simulador
- *Feedback* del mundo real
 - Caso con la solución confirmada
 - Caso reparado

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

151

Reparación

- Buscar
 - Fallos similares en situaciones similares
 - Explicaciones de fracasos similares
- Adaptar el caso de memoria con un fracaso similar al caso actual

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

152

Generar una explicación del fracaso

- Buscar
 - Una situación similar con un fallo similar
- Adaptar la explicación de memoria al caso actual

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

153

6. APRENDIZAJE

6.1 Solución correcta:

- Almacenamiento y utilidad
- Construcción de prototipos (generalización)

6.2 Solución incorrecta

- Aprender **el** error
- Actualizar índices (aprender **del** error)

6.1 Acumulando nuevas experiencias

- El caso actual no tiene porqué ser idéntico a uno en memoria
 - (1) *Matching* parcial
 - (2) Adaptación
 - (3) Utilización de múltiples casos
- Utilidad: mecanismo para decidir qué casos deben retenerse
- Prototipos o generalizaciones --> Técnicas de aprendizaje automático

6.2 Aprender el error

- Objetivo: anticipación o prevención de errores
 - Relacionar las características causantes del error y el caso fracasado
 - Almacenar el caso indexado por las características causantes del error
- Objetivo: activar el caso correcto
 - Actualizar (mejorar) los índices
 - Generalizar las características de los dos casos

Actualización de índices

- Por qué se ha recuperado un caso erróneamente de memoria?
 - Características del caso actual que han servido como índices que han servido para recuperar el caso
 - Características del caso actual que no se han usado en la recuperación errónea del caso de memoria

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

157

Actualización de índices...

- *Trade-off* entre ambos tipos de características
 - Aumentar la importancia de un índice
 - Más específico
 - Mayor peso
 - Disminuir la influencia de un índice
 - Más general
 - Menor peso

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

158

7. CONSIDERACIONES FINALES

- 7.1 Ventajas y inconvenientes del RBC.
- 7.2 Integración del RBC con otros métodos de aprendizaje
- 7.3 RBC y otras formas de razonamiento
- 7.4 Comparación del RBC con otros paradigmas
- 7.5 Ingeniería del conocimiento
- 7.6 Escalabilidad

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

159

7.1 Ventajas del RBC

- Los esfuerzos de resolución de problemas se capturan para futuros trabajos
 - Experiencias exitosas de soluciones pasadas se pueden usar para justificar soluciones nuevas
 - Experiencias no-exitosas de soluciones pasadas se pueden usar para predecir posibles problemas

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

160

Ventajas...

- Como técnica de adquisición de conocimientos:
 - libera al experto humano de facilitar datos de entrenamiento
 - la comunicación entre el sistema y el experto humano se puede realizar mediante ejemplos concretos
- Como mecanismo de resolución de problemas:
 - Aprende de la propia experiencia
 - Proporciona soluciones rápidamente, sin necesidad de derivar respuestas desde cero

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

161

Ventajas...

- Los casos permiten focalizar el proceso de razonamiento en las características más relevantes
- Permite trabajar en dominios de problemas de difícil estructuración y representación

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

162

Inconvenientes del RBC

- Coste de memoria: Cantidad y Variedad
- No explora todo el espacio posible de soluciones --> se puede olvidar alguna solución óptima
- Es difícil de garantizar la consistencia entre casos
- Los casos pueden introducir un sesgo (*bias*)
- Manipulación de la incertidumbre

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

163

7.2 Integración del RBC con otros métodos de aprendizaje

- Ocasiones para el aprendizaje:
 - Adquisición y organización de los casos en memoria
 - Adquisición del conocimiento del dominio necesario para interpretar la información contenida en los casos
 - Aprendizaje por experiencia del propio sistema
 - Actualización de índices
 - Generalizaciones en prototipos

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

164

7.3 RBC y otras formas de razonamiento

RBC : resolución de problemas + aprendizaje

- ¿Novato? --> métodos alternativos para generar casos cuando no haya
- Experto --> RBC, más eficiente

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

165

7.4 Comparación con otros paradigmas. Bases de datos

DB

- El input consiste en patrones de preguntas
- La recuperación proporciona registros con *matching* exacto

RBC

- El *input* consiste en casos estructurados
- La recuperación proporciona casos con *matching* parcial
- Énfasis en características no superficiales

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

166

Comparación con otros paradigmas. Recuperación de información

IR

- recuperación basada en conceptos
- Soporta *matching* parcial
- Métodos especializados en recuperar datos textuales

RBC

- Recuperación basada en características
- =
- Recuperación de amplios tipos de datos: números, símbolos, texto

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

167

Comparación con otros paradigmas. Técnicas estadísticas

Estadística

- Análisis discriminante lineal
- Gran volumen de datos
- Datos bien especificados

RBC

- Supera los resultados del análisis estadístico
- Datos poco elaborados (exploración)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

168

Comparación con otros paradigmas. Sistemas basados en reglas

- Reglas --> patrones
- Recuperación de reglas por comparación exacta
- Las reglas se aplican en un ciclo iterativo
- Representación premisa -> conclusión
- Casos --> constantes
- Recuperación de casos por comparación parcial
- Se recuperan casos aproximando una solución “de golpe”
- Representación más intuitiva

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

169

Comparación con otros paradigmas. Sistemas basados en reglas

- Organización de las reglas en una o más bases de reglas
- Reglas: pequeñas, independientes, consistentes
- Organización en abstracciones y jerarquías
- Casos: grandes, redundantes

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

170

Comparación con otros paradigmas. Sistemas basados en reglas

- Conocimientos:
 - Reglas
 - Abstracciones
- Explicaciones sobre el proceso de razonamiento
- Conocimientos:
 - Casos
 - Abstracciones
 - Métrica de similitud
 - Reglas de adaptación
- Explicaciones: caso de memoria

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

171

Comparación con otros paradigmas. Aprendizaje automático

- Los dos tienen el mismo *input* (casos/ejemplos)
- Los sistemas inductivos no mantienen una librería de casos
- Los sistemas inductivos separan el aprendizaje de la resolución de problemas
- SI: en la explicación se pierde el ejemplo/caso referente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

172

RBC y *Data-Mining*

- Estadísticas
- Aprendizaje automático

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

173

Comparación con otros paradigmas. Redes neuronales

- Las dos técnicas (RBC y RN) se basan en casos/muestras
- Representación:
 - RN: adecuadas cuando la información no se puede representar simbólicamente (señales, voz,...)
 - RBC: datos complejos, estructurados

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

174

Comparación con otros paradigmas. Redes neuronales

- Explicaciones
 - RN: caja negra
 - RBC: caso de memoria (experiencia anterior)

Cuadro comparativo

DB	Datos bien estructurados Datos estandarizados Preguntas simples y precisas	Datos complejos Datos poco estructurados Preguntas fuzzy
IR	Gran volumen de datos textuales	Datos no textuales Conocimiento de respaldo disponible
Estad.	Gran volumen de datos bien conocidos Hipótesis bien formadas	Análisis exploratorio de datos con variables dependientes
RBS	Problema bien definido, estable y restringido Explicaciones con traza de reglas	Problema poco definido y cambiante

Cuadro comparativo

ML	Se requieren reglas generales a partir de un conjunto de datos Explicación por traza de reglas	No se requieren reglas Explicación por traza de reglas resulta inadecuada
RN	Datos numéricos con ruido para reconocimiento de patrones o procesamiento de señales	Datos simbólicos complejos Se requiere una explicación
RBC	Problema poco conocido Datos complejos estructurados Cambios (lentos) a lo largo del tiempo Se requiere explicación	No se dispone de casos El proceso de adaptación es complejo Se requiere una respuesta exacta y óptima

7.5 Ingeniería del conocimiento

- ¿Dónde está el conocimiento?
- ¿Cuándo debe usarse un RBC?
- Herramientas de desarrollo
- Metodología
- Herramientas de desarrollo
- Desarrollo de un RBC
- Prueba de un RBC
- Mantenimiento de un RBC

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

178

¿Dónde está el conocimiento ?

- Vocabulario (conjunto de características)
- Librería de casos
- Valoraciones de similitud
- Heurísticas de adaptación

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

179

¿Cuándo debe usarse un RBC?

- Un experto conoce el significado de un caso
- Los expertos comparan rutinariamente un caso actual con casos anteriores
- Los expertos adaptan casos para resolver problemas nuevos
- Se dispone de casos en la bibliografía, en la memoria de los expertos y pueden registrarse a medida que se generan

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

180

¿Cuándo debe usarse un RBC? ...

- Hay mecanismos para asignar un resultado a un caso, explicarlo y considerarlo exitoso o fallido
- Los casos se pueden generalizar en cierto grado
- La comparación y adaptación de casos se puede realizar con efectividad
- Los casos retienen su utilidad durante un periodo largo de tiempo

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

181

¿Cuándo debe usarse un RBC? ...

- El dominio puede (o no) tener un modelo
- Los casos se utilizan en el aprendizaje de profesionales en el dominio

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

182

Herramientas de desarrollo. ¿Qué ofrecen?

- Entorno amigable de edición de casos, características, reglas de adaptación, etc.
- Pruebas:
 - Identificación de casos idénticos (duplicados)
 - Análisis de la distribución de los casos
 - Detección de características espurias

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

183

Herramientas de desarrollo

- CBR-works (<http://www.tecinno.com>)
- Kate-CBR (<http://www.acknosoft.com>)
- INDUCE-IT (<http://www.inductive.com>)
- CASPIAN (<http://www.aber.ac.uk>)
- Etc, etc.
 - Consultar direcciones Internet
 - Consultar [Watson]

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

184

Desarrollo de un RBC

- Adquisición de casos
- Filtrado de casos
- Ingeniería de conocimiento

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

185

Casos representativos

- Qué características tener en cuenta
 - Homogéneas
 - Heterogéneas
 - Estabilidad
- Frecuencia

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

186

Distribución de casos

- Cobertura de los casos a través de sus características.
 - Desplazamiento de los valores de las características
 - Rango, valor medio y desviación de los valores de las características
 - Pesos de las características
 - Ad hoc
 - Técnicas estadísticas
 - ...

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

187

Prueba de un RBC

- Verificación: construcción del sistema de forma correcta
 - (cumple las especificaciones?)
 - Duplicados, inconsistencias, omisiones, ...
 - DIFICULTAD: RBC es dinámico --> verificación afectada por el aprendizaje
- Validación: construcción del sistema correcto
 - (hace lo que debería de hacer?)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

188

Prueba de un RBC

- Recuperación
 - Introducir casos idénticos y esperar un *matching* exacto
 - Consistencia: hacer varias veces la misma prueba, obteniendo siempre el mismo resultado

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

189

Prueba global

- (1) Seleccionar un subconjunto de casos de test de entre todos los casos iniciales
- (2) Inicializar el sistema con los casos iniciales a excepción de los casos de test
- (3) Probar el sistema con los casos de test, y ver si las respuestas que dan se ajustan a lo esperado
- (4) Repetir 1, 2 y 3, eligiendo cada vez aleatoriamente un conjunto de casos de test diferentes

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 190

Mantenimiento de un RBC

- Hacer estadísticas de utilización de casos
 - Eliminar obsoletos
 - Determinar sesgos (casos usados continuamente)
- Repetir las pruebas

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 191

7.6 Escalabilidad

¿ Cómo hacer los algoritmos de recuperación, que funcionan para un centenar de casos, funcionen eficientemente para miles de casos?

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 192

8. APLICACIONES

- 8.1 Demostraciones académicas
- 8.2 Aplicaciones industriales
- 8.3 Aplicaciones dirigidas a la atención a los clientes
- 8.4 Sistemas tutores

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

193

8.1 Demostraciones académicas

- Diagnóstico: CASEY
- Clasificación: PROTOS
- Planificación: SMART
- Diseño: JULIA

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

194

8.2 Aplicaciones industriales

- Lista de entidades que usan/aplican RBC, ordenadas alfabéticamente:
<http://www.surveying.salford.ac.uk/ai-cbr-mirror/applied.html>
- Lista de proyectos y aplicaciones, firmas y consultores, y herramientas:
<http://www.ai-cbr.org>

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

195

Aplicaciones industriales...

- Proyecto financiado por la UE para estimular el uso industrial de los sistemas basados en casos:
<http://www.ace.co.uk/casting/cbruses.htm>

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

196

Comercio electrónico:

- Alquiler de apartamentos
- Búsqueda de coches usados
- Vacaciones

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

197

WWW & Información

- Buscador de FAQ's
– <http://infolab.cs.uchicago.edu/faqfinder/>
- Buscador de trabajo
– <http://www.tecinno.de:8009/launch/JobbQueryInterface>

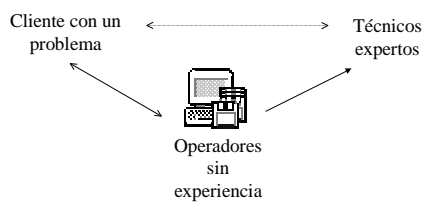
Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

198

8.3 Aplicaciones dirigidas a la atención a los clientes

- Soporte post-venta
 - Entrenamiento: los operadores deben de tener un conocimiento considerable de los productos
 - Retención: los operadores pueden dejar la compañía
 - Nuevos productos

Help-desk



Resumen

- RBC es una técnica para resolver problemas basada en la experiencia
- RBC tiene cuatro etapas:
Recuperación, Adaptación, Evaluación, Aprendizaje
- RBC tiene cuatro fuentes de conocimiento
Vocabulario, Librería, Valoración Similitud, Heurísticas Adaptación

Resumen...

- Diferentes técnicas para
 - Representar conocimiento
 - Realizar las cuatro fases
- RBC presenta diferentes ventajas respecto a otros sistemas “inteligentes”
- Gran campo de aplicación para los sistemas basados en casos

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

202

Bibliografía

- **Case-Based Reasoning.**
Janet Kolodner, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993
- **Applying Case-Based Reasoning. Techniques for Enterprise Systems.**
Ian Watson, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1997
- **Aprendizaje basado en casos.**
En: Aprendizaje Automático, Moreno et al., Edicions UPC, Col·lecció Politex, #36, 1994

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

203

Un poco de entretenimiento final

- Saxex: Un sistema basado en casos para generar interpretaciones musicales (expresivas).
- ¿Dónde ir a cenar?
- ¿Qué película ver?
- ¿Qué programa de TV ver?

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

204
