

INTRODUCCIÓN A SISTEMAS INTELIGENTES

Profesor Adjunto: Ochoa María Alejandra

Ayudante: Vazquez Diego

“Métodos de Adquisición de Conocimiento”

1- Análisis de protocolos

Un tipo de técnica de educación similar a la observación de tareas habituales es el análisis del protocolo (AP) [Gómez *et al.*, 1997]. La diferencia de este método con las tareas habituales es que en el AP no hay un intervalo entre el acto de pensar del experto, y el acto de reportarlo. En el AP, además de registrar las sesiones y anotar el comportamiento después de realizado, se le pide al experto que piense en voz alta mientras efectúa la tarea, se busca capturar, y después estudiar, todo lo que dice el experto en el momento en que trata un problema. Para lo cual se graba al experto mientras que intenta resolver un problema, esforzándose en pensar en voz alta, analizándose después la información grabada.

Etapas en el análisis de protocolos

La técnica de AP se aplica en las cuatro etapas siguientes:

▪ **Paso 1. Grabación del protocolo:**

- *Paso 1.1: El IC explica lo que espera del experto.* El experto debe comprender claramente que tiene que informar de todo lo que dice y piensa en el momento de la resolución de un problema, y sólo lo que dice o piensa. No debe, pues, intentar ser analítico e intentar describir su manera de proceder, antes al contrario, debe tratar como habitualmente, imaginándose que está solo, hablando en voz alta. Indicándole el IC que él intervendrá, con un continúa hablando, cada vez que el experto interrumpa su monólogo más de tres segundos. Esta etapa es fundamental si se quiere que el experto, por sí solo, grabe los protocolos cuando aparezcan problemas críticos, en donde es prácticamente imposible que el IC esté presente.
- *Paso 1.2. Puesta en situación.* Antes de entrar en materia, el IC le propone al experto dos pequeños ejercicios de puesta en situación: una multiplicación de dos cifras a realizar de memoria, siempre pensando en voz alta, por ejemplo, 15 x 34, y después, y en las mismas condiciones, la resolución de un anagrama, *verbigracia* ALOH que dará HOLA. Estos ejercicios de calentamiento tienen por fin darle confianza al experto. Éste debe, en la medida de lo posible, olvidarse del micrófono y la experimentación.
- *Paso 1.3. Registro del protocolo.* En esta fase, el IC debe intervenir lo menos posible. Sin embargo, debe anotar cuidadosamente el comportamiento del experto: lectura de notas, búsqueda de informaciones, etc. En particular, debe indicar los tiempos en los cuales se producen los distintos eventos, con el fin de poder sincronizarlos con el flujo verbal, en la etapa de transcripción. En el caso en que el experto tenga un relato espontáneamente regular y un comportamiento bien establecido la presencia del IC durante el registro no será necesario.

▪ **Paso 2. Transcripción:**

En el curso de esta etapa, el IC escucha la grabación y transcribe el protocolo segmentándolo. Conviene también indicar sobre la transcripción las observaciones hechas sobre el comportamiento del experto en el momento de la resolución del problema. La segmentación se hace separando en el discurso las diferentes instrucciones. Si la

expresión oral fuese perfectamente gramatical, una instrucción sería representada por una frase o un segmento de frase. De hecho, las instrucciones son expresadas, con frecuencia, por una abreviatura de frase o simplemente mediante una o dos palabras. No obstante, la segmentación no es una etapa difícil en el AP. El IC debe anotar, sobre la transcripción del protocolo, todos los silencios del experto de más de tres segundos. Nótese que hay pérdida de información en el curso de la etapa de transcripción puesto que elementos como la entonación del experto o algunos de sus comportamientos no se referencian.

▪ Paso 3. Codificación:

Ésta debe hacerse de la forma más objetiva posible, procediendo línea a línea y esforzándose en abstraerse del contexto. Una solución para asegurar esta objetividad es hacer codificar el protocolo por varios individuos por separado y, a continuación, unificar los resultados.

▪ *Paso 3.1. Identificación de conceptos, características, valores y relaciones: Lo primero que hay que hacer es identificar el vocabulario utilizado por el experto para designar los conceptos, su tipo, es decir: entero, real, lista, tabla, conjunto, las características o atributos, las relaciones y los valores. Estos distintos elementos permiten definir los posibles estados del problema. Entendiendo por estado del problema una cierta configuración de valores que afectan a las variables y relaciones establecidas entre objetos. Los objetos aparecen frecuentemente, en el grupo nominal de la frase, las relaciones en el verbal y los valores en el grupo objeto. Se deben pues acumular, en la lectura del protocolo, índices que permitan bien asimilar, o bien distinguir, distintas expresiones del experto que parecen designar el mismo concepto.*

▪ *Paso 3.2. Identificación de la búsqueda: El razonamiento del experto puede verse como una búsqueda en el espacio de estados posibles del problema.*

▪ *Paso 3.3. Identificación de los operadores: Los operadores son los medios usados por el experto para generar nuevos estados e informaciones, permiten el paso de un estado del problema a otro. Por ejemplo, el operador de asignación, indicado por AS, permite el paso de un estado en el que (A2 es desconocido), a otro en el cual A2 igual (IG) I. Los operadores no aparecen siempre de forma explícita en el protocolo. Si éste es el caso, se les encuentra, en general, expresados por verbos de acción y, o, a continuación de palabras como: pues, entonces, por consiguiente, por tanto, lo que da, lo que implica, etc.*

▪ *Paso 3.4. Identificación de las inferencias: En esta etapa se deben referenciar todas las reglas de producción utilizadas explícitamente por el experto en el curso de su razonamiento. Estas reglas son de la conocida forma: SI Condiciones ENTONCES Acciones. En las cuales, la parte de condición es una prueba aplicada sobre uno de los estados del problema, en tanto que la parte acción es la secuencia de uno o varios operadores. Estas reglas se descubren en el texto gracias a palabras clave del tipo: si, entonces, pues, porque, debido, etc.*

▪ *Paso 3.5. Identificación de sinónimos, etc.:*

▪ *Sinónimos.* En el curso de la codificación, una de las primeras cuestiones que se plantean es el problema de los sinónimos. En el contexto del AP, la noción de sinónimo se extiende a frases o segmentos de frases que representan el mismo concepto.

▪ *Metacomentarios.* También es en esta fase en la cual se deben señalar y después eliminar los metacomentarios generados por el experto en el momento de la resolución del problema. Sin embargo, hay que prestar mucha atención para no confundir metacomentarios con los comentarios del experto, ya que los mismos facilitan, en el curso de la fase de interpretación, la identificación de planes y estrategias del experto.

▪ *Incertidumbres.* En el curso del estudio del protocolo, se deben señalar: los conceptos, las relaciones, los valores, las reglas, las estrategias, etc. que el experto utiliza asociándolas a una noción de incertidumbre. Esta noción de incertidumbre se expresa en general por condicionales o verbos tales como:

parece, debe, etc. En estos casos, hay que pedirle al experto que precise los coeficientes de verosimilitud atribuidos a los objetos y a las reglas del dominio.

▪ **Paso 4. Interpretación:**

En el curso de esta etapa se busca poner en evidencia las reglas implícitas, estrategias y planes utilizados por el experto en el curso de su razonamiento. Estas estrategias pueden ser generales, como el encadenamiento adelante o atrás, la gestión de metas y submetas etc., o específicos del problema que se trata de resolver. Para ello, el protocolo se descompone en etapas cada una de las cuales se corresponde con la utilización de una o varias reglas, según el grado de finura que se le quiera dar al análisis. A continuación, el IC considera todas las reglas aplicables, es decir, legales, antes de cada etapa e intenta interpretar la elección que ha hecho el experto. Es en el curso de esta etapa, cuando los silencios señalados en la fase de transcripción son más molestos. Se puede intentar una interpretación en función del contexto, o bien preguntando al experto.

Ventajas y limitaciones del análisis de protocolos

La ventaja de esta técnica está en que va más allá de lo que un experto puede explícitamente contar en una situación de solución de un problema para permitir inferencias acerca de los conocimientos que está utilizando, pero que no pueden verbalizarse conscientemente. Es particularmente útil para extraer información sobre procedimientos que el experto utiliza en la solución de problemas pero que no puede explicar.

Ciertas informaciones salidas de un AP son directamente utilizables en la actualización del documento donde se van registrando los conocimientos educidos. Éste es el caso de los objetos, relaciones, operadores y reglas de producción. El AP permite al IC acceder a todas las facetas del saber del experto. En particular, permite poner en evidencia carencias y fallos en el documento de conocimientos educidos. Cuando sea el caso, el IC debe actualizar este documento.

La aplicación de una serie de operadores, en un orden lógico, puede representarse en forma de algoritmo que primero se expresa en lenguaje natural y luego en uno de programación. Las heurísticas, planes y estrategias puestas en evidencia en el curso de la etapa de interpretación, se representan, en primera instancia, en lenguaje natural, luego en forma de algoritmo o de metareglas. La forma final depende del sistema elegido para el desarrollo de la aplicación.

El AP tiene, principalmente, dos tipos de limitaciones, a saber:

- *Costo de utilización.* El AP es una herramienta potente que exige una gran cantidad de trabajo por parte del IC. La transcripción exige, aproximadamente, 10 veces más tiempo que la duración de la grabación. Para la codificación e interpretación del primer protocolo, es necesario considerar otro orden de magnitud: es decir, multiplicar por 10. Por el contrario, los protocolos siguientes son más rápidos de interpretar según el grado de similitud del problema con los precedentes ya tratados.
- *Incompletitud del método.* Como ya se ha dicho, al hablar de la interpretación, ciertos procesos no son reportados por el experto. Por ejemplo, la percepción sensorial, los movimientos, el reconocimiento de objetos, sobre todo de forma visual, la búsqueda de información en memoria, o aun los procesos muy automatizados, están en general ausentes del protocolo. Por contra, el IC tiene la posibilidad de localizar su utilización en el momento de la resolución del problema y podrá aplicar nuevas herramientas para intentar formalizarlos.

2- Emparrillado

La técnica de la "Teoría de la Construcción Personal" es una de las técnicas de educación del conocimiento, más aplicables por basarse en un modelo de pensamiento humano. Esta técnica se basa en el concepto de que cada persona tiene su propia visión del mundo que lo rodea [Kelly, 1955; Britos *et al.*, 1999; Fernández, 2000].

La fuerza de esta técnica estriba en que permite probar la visión interna modelizada del mundo por la gente, sin necesidad de establecer explícitamente lo que esa visión es. Kelly creía que cada individuo veía el mundo de un modo diferente, y que esas diferencias podrían explicarse en

términos de "imágenes" personales de los individuos. Habiendo determinado esas imágenes, Kelly sería capaz de ver el mundo a través de los ojos de sus pacientes.

De aquí en adelante se presenta la técnica aplicada a la IC; donde el desarrollo de una parrilla, se basa en un dialogo inicial con el experto, una sesión de valoración, y un análisis de resultados. La aplicación de esta técnica permitirá obtener información acerca de como piensa el experto y cuáles son sus prioridades y factores importantes.

La base de la técnica estriba en definir un área de interés, esto es, algún aspecto de los conocimientos del experto. Una vez que el área fue delimitada, se describe en términos de los elementos que componen esta área. Luego de lo cual se pide al experto que coloque esos elementos en su propia "imaginada" visión del mundo.

Los elementos elegidos para representar el dominio deben incluir todos los aspectos que el experto considere y sienta que son importantes. Además deben poder ser clasificados mediante el análisis de un conjunto de características bipolares.

Conceptos básicos de la parrilla

Un emparrillado es, básicamente, un test de clasificación en el cual se vincula una lista de elementos sobre la base de un conjunto bipolar de características. Cada característica se define como una dimensión de escala bipolar interna, que extrae la similitud de un conjunto de elementos y la diferencia de este conjunto de elementos con otros.

Matemáticamente, un emparrillado puede considerarse como una aplicación de los elementos sobre las características. Los datos generados por el expertos se vuelcan a una matriz bidimensional o parrilla, donde en las filas se representan las características y en las columnas a los elementos (como se ilustra en la figura 1). En general los valores asignados a los distintos elementos se basan en una escala que puede ir de 1 a N, donde 1 será el valor de un polo y N el del opuesto para una característica dada.

Resumiendo, en los emparrillados, la experiencia y conocimientos de los expertos en el dominio se representa en una tabla bidimensional o matriz evaluada, tal como se muestra en la figura 1. En ella cada elemento "Valor" es un valor tasado que es asignado por el experto en el dominio. Cada fila representa la relación entre una característica y todos los elementos. Y una columna, la relación entre cada elemento y todas las características.

	Elem.1	Elem.2	Elem.3	....	....	Elem.N
Caract.1	Valor	Valor	Valor	....	....	Valor
Caract.2	Valor	Valor	Valor	....	....	Valor
Caract.2	Valor	Valor	Valor	....	....	Valor
....
....
Caract.N	Valor	Valor	Valor	....	....	Valor

Figura 1: Parrilla

Desarrollo de una parrilla

El desarrollo de una parrilla se basa en las siguientes etapas:

1. Identificación de los elementos.
2. Identificación de las características.
 1. Diseño de la parrilla
 2. Formalización.
3. Interpretación o análisis de resultados.

A continuación se detalla cada uno de ellos:

1. Identificación de los elementos: En este paso, se trata de identificar un conjunto homogéneo y representativo de elementos conceptuales dentro de cada categoría involucrada en los conocimientos.

2. Identificación de las características: Una característica es una cualidad que puede ser atribuida a un elemento o concepto de pensamiento. Los valores asignables a estas características deben ser bipolares, como por ejemplo: alto/bajo, limpio/sucio, importante/no importante, etc.

3. Diseño de la parrilla: Una vez identificados los elementos y características, hay que enlazarlos entre sí. Para ello se construye una matriz bidimensional como la mostrada en la figura 1.

Hay tres formas de construir una parrilla:

- a) **Dicotómica:** en este tipo de parrillas los valores asignados a las características son binarios, es decir 0 o 1, dependiendo de sí el elemento posee o no esa característica.
- b) **Clasificatoria:** Este tipo de parrilla asigna como valor M a cada elemento seleccionado de un rango de 1 a n. Donde n es el número de elementos y M será la posición que ocupa el elemento dentro del rango total para cada característica.
- c) **Evaluativa:** aquí se define una escala de valores de 1 a n. Donde el valor a asignar variará en función del grado de satisfacción con que el elemento en cuestión cubra a la característica.

4. Formalización: Una vez completada la parrilla, se realizan estudios en dos direcciones, por un lado se clasifican los elementos y por otro las características.

A continuación se muestra un ejemplo de los 4 pasos planteados: Se ha elegido como dominio de la aplicación, el ámbito de los sistemas operativos más utilizados en el mercado, identificando como elementos a varios de ellos y enunciando algunas de sus principales características, para luego realizar la clasificación de ambos.

Paso 1: Lista de elementos seleccionados por el experto: Luego de una entrevista con el experto, se identifican los sistemas operativos más difundidos en el mercado:

- **E1: Windows 98:** Sistema operativo utilizado principalmente para computadoras personales. Fácil de aprender y usar por su interfase gráfica.
- **E2: Linux:** Sistema operativo multiusuario desarrollado en las universidades para fines académicos que ha sido rápidamente difundido por ser robusto y estar disponibles sus códigos fuentes en forma gratuita.
- **E3: Windows NT:** Sistema operativo de red que permite aumentar la seguridad en una red de computadoras, así como también compartir sus recursos.
- **E4: D.O.S.:** Sistema operativo para computadoras personales. El usuario accede a los recursos del sistema a través de un interprete de comandos.
- **E5 Unix:** Sistema operativo multiusuario, que permite establecer un nivel de seguridad adecuado para empresas de mediana y gran envergadura, además de ser robusto es eficiente.

Paso 2: Identificación de las características: Debido a que el experto posee una amplia experiencia en la instalación y administración de sistemas operativos en diferentes configuraciones de hardware, se solicita que enuncie una serie de características principales, que se detallan a continuación:

- **C1: Cantidad de usuarios** que pueden hacer uso en forma simultanea de los recursos del sistema operativo. Puede ir de multiusuario a monousuario.
- **C2: Capacidad del sistema operativo** de procesar instrucciones. Puede ir de 64 a 16 bits.
- **C3: Cantidad de procesadores** que puede administrar el sistema operativo en forma simultánea. Puede ir de multiprocesador a monoprocesador.
- **C4: interfase** que posee el sistema operativo para interactuar con los usuarios. Puede ir de amigable a no amigable.
- **C5: Nivel de seguridad** que brinda el sistema operativo a los usuarios. Puede ir de seguro a inseguro.

Paso 3: Diseño de la parrilla: En la siguiente parrilla se reflejan los valores que el experto a asignado para cada par elemento-característica.

	Win 98 (E1)	Linux (E2)	Win NT (E3)	DOS (E4)	Unix (E5)	
Multiusuario (C1)	1	5	5	1	5	Monousuario (No C1)
64 Bits (C2)	3	5	3	1	5	16 Bits (No C2)
Multiprocesador (C3)	1	5	4	1	5	Monoprocesador (No C3)
Amigable (C4)	5	4	5	1	1	No amigable (No C4)
Seguro (C5)	1	4	3	1	5	Inseguro (No C5)

Figura 2: Parrilla evaluada

Clasificación de Elementos:

A partir de la parrilla establecida por el experto, se construye la matriz de distancia entre conceptos. Cada distancia entre conceptos se calcula sumando las diferencias absolutas de los valores de estos conceptos para el conjunto de las características.

$$(| e1[c1] - e2[c1] | + | e1[c2] - e2[c2] | + | e1[cN] - e2[cN] |)$$

De acuerdo al ejemplo podemos decir que:

Distancia entre "e1" y "e2" es:

$$(|1 - 5| + |3 - 5| + |1 - 5| + |5 - 4| - |1 - 4|) = 14$$

Distancia entre "e1" y "e3" es:

$$(|1 - 5| + |3 - 3| + |1 - 4| + |5 - 5| - |1 - 3|) = 9$$

Distancia entre "e1" y "e4" es:

$$(|1 - 1| + |3 - 1| + |1 - 1| + |5 - 1| - |1 - 1|) = 6$$

Distancia entre "e1" y "e5" es:

$$(|1 - 5| + |3 - 5| + |1 - 5| + |5 - 1| - |1 - 5|) = 18$$

Distancia entre "e2" y "e3" es:

$$(|5 - 5| + |5 - 3| + |5 - 4| + |4 - 5| - |4 - 3|) = 5$$

Distancia entre "e2" y "e4" es:

$$(|5 - 1| + |5 - 1| + |5 - 1| + |4 - 1| - |4 - 1|) = 18$$

Distancia entre "e2" y "e5" es:

$$(|5 - 5| + |5 - 5| + |5 - 5| + |4 - 1| - |4 - 5|) = 4$$

Distancia entre "e3" y "e4" es:

$$(|5 - 1| + |3 - 1| + |4 - 1| + |5 - 1| - |3 - 1|) = 15$$

Distancia entre "e3" y "e5" es:

$$(|5 - 5| + |3 - 5| + |4 - 5| + |5 - 1| - |3 - 5|) = 9$$

Distancia entre "e4" y "e5" es:

$$(|1 - 5| + |1 - 5| + |1 - 5| + |1 - 1| - |1 - 5|) = 16$$

A continuación se vuelcan los resultados obtenidos a una nueva matriz la cual será denominada matriz distancia (figura 3).

	e1	E2	e3	e4	e5
e1		14	9	6	18
e2			5	18	4
e3				15	9
e4					16
e5					

Figura 3: Matriz distancia

A partir de la matriz distancia (figura 3), se pueden crear tres tipos de árboles ordenados: por distancias mínimas, por distancias máximas o por distancias medias.

Continuando con el análisis, se detallan los pasos a seguir para evaluar una matriz por distancias *mínimas*:

1. En primer lugar se identifica el valor mínimo de la parrilla. Para el ejemplo el valor 4.
2. Se señalan en la parrilla los elementos con mínima distancia. Para el ejemplo 4 entre "e2" y "e5".
3. Estos elementos ("e2" y "e5") se reemplazan por un nuevo elemento, formado por la conjunción de ambos. Por ejemplo "e2 - e5".
4. Se recalcula la distancia de este nuevo elemento con los demás elementos de la matriz. Para lo cual se buscará la mínima distancia entre cada uno de los integrantes del nuevo elemento con los restantes elementos.

Continuando con el ejemplo, a continuación se analizan las distancias entre "e2" y "e5" con los restantes elementos:

	Distancia con e2	Distancia con e5	Menor distancia
e1	14	18	14
e3	5	9	5
e4	18	16	16

Figura 4: Distancia de los elementos

El valor obtenido como menor distancia es el que se debe volcar a la nueva matriz. Para el cálculo por distancias máximas o medias el procedimiento es similar al indicado para distancias mínimas, con la diferencia de que se debe elegir el valor mayor o medio según corresponda.

A continuación se detalla la matriz resultante:

	e2 - e5	e1	e3	e4
e2 - e5		14	5	16
e1			9	6
e3				15
e4				

Figura 5: Matriz de distancias mínimas (1)

Este procedimiento se debe repetir hasta que no queden elementos en la matriz.

Volviendo al ejemplo, el nuevo mínimo se encuentra en la intersección de (e2 - e5) y e3, a continuación se detallan las distancias con los demás elementos:

	Distancia con (e2-e5)	Distancia con e3	Menor distancia
e1	14	9	9
e4	16	15	15

Figura 6: Distancias (2)

La nueva matriz queda:

	(e2 - e5) - e3	E1	e4
(e2 - e5) - e3		9	15
e1			6
e4			

Figura 7: Matriz de distancias mínimas (2)

Siguiendo con el cálculo tenemos:

	Distancia con e1	Distancia con e4	Menor distancia
(e2-e5)-e3	9	15	9

Figura 8: Distancias (3)

	(e1 - e4)	(e2 - e5) - e3
(e1 - e4)		9
(e2 - e5) - e3		

Figura 9: Matriz de distancias mínimas (3)

Por último la matriz se reduce a : (((e2 - e5) - e3) - (e1 - e4))

A continuación se procede a representar los valores de mínimos obtenidos en las distintas matrices, en un árbol ordenado (figura 10).

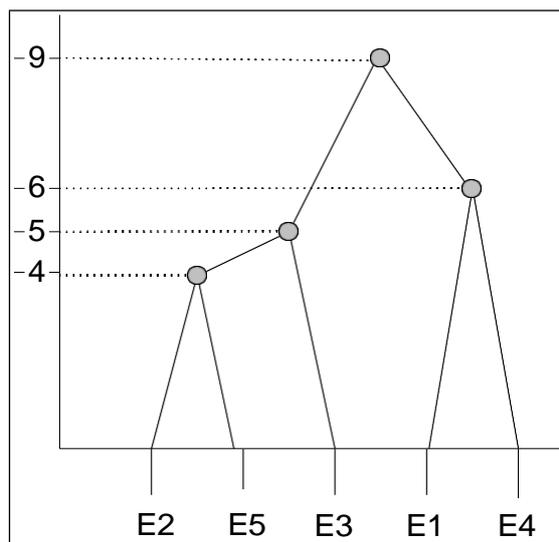


Figura 10: Árbol ordenado de elementos

Clasificación de características:

El principio es el mismo que para la clasificación de elementos, aunque la distancia entre dos características es un poco menos inmediata de calcular. Esto se debe a que las características toman valores bipolares, lo que produce que cuando se le asignen valores se deba resaltar una de sus propiedades. Por ejemplo para el caso de la característica "seguro", se la puede analizar desde el punto de vista de mayor o menor seguridad (inseguro). Esto provoca en el un doble análisis, es decir se debe calcular las distancias desde los dos puntos de vista (seguro e inseguro).

Por lo tanto para el cálculo de características se procede como sigue: Para cada par de características, se calculan las dos distancias siguientes:

a) *Cálculo de distancias positivas:*

- d1= La suma de las diferencias absolutas para todos los elementos, basada en los valores positivos.
- d2= La suma de las diferencias absolutas para todos los elementos, basada en los valores negativos.

$$(|c1[e1] - c2[e1]| + |c1[e2] - c2[e2]| + |c1[eN] - c2[eN]|)$$

Volviendo al ejemplo de la figura 2, se calculara las distancias entre características positivas (d1), que serán volcadas a una nueva matriz triangular superior, de forma similar a lo hecho con los elementos.

Distancia entre c1 y c2:

$$(|1 - 3| + |5 - 5| + |5 - 3| + |1 - 1| + |5 - 5|) = 4$$

Distancia entre c1 y c3:

$$(|1 - 1| + |5 - 5| + |5 - 4| + |1 - 1| + |5 - 5|) = 1$$

Distancia entre c1 y c4:

$$(|1 - 5| + |5 - 4| + |5 - 5| + |1 - 1| + |5 - 1|) = 9$$

Distancia entre c1 y c5:

$$(|1 - 1| + |5 - 4| + |5 - 3| + |1 - 1| + |5 - 5|) = 3$$

Distancia entre c2 y c3:

$$(|3 - 1| + |5 - 5| + |3 - 4| + |1 - 1| + |5 - 5|) = 3$$

Distancia entre c2 y c4:

$$(|3 - 5| + |5 - 4| + |3 - 5| + |1 - 1| + |5 - 1|) = 9$$

Distancia entre c2 y c5:

$$(|3 - 1| + |5 - 4| + |3 - 3| + |1 - 1| + |5 - 5|) = 3$$

Distancia entre c3 y c4:

$$(|1 - 5| + |5 - 4| + |4 - 5| + |1 - 1| + |5 - 1|) = 10$$

Distancia entre c3 y c5:

$$(|1 - 1| + |5 - 4| + |4 - 3| + |1 - 1| + |5 - 5|) = 2$$

Distancia entre c4 y c5:

$$(|5 - 1| + |4 - 4| + |5 - 3| + |1 - 1| + |1 - 5|) = 10$$

Los valores obtenidos se vuelcan a una nueva matriz, llamada matriz triangular superior, como muestra la figura 11.

	c 1	c 2	c 3	C4	c 5
c 1		4	1	9	3
c 2			3	9	3
c 3				10	2
c 4					10
c 5					

Figura 11: Matriz triangular superior

b) *Cálculo de distancias negativas:*

Para calcular los valores negativos de las características, se debe generar una nueva matriz de valores opuestos. Esta matriz aporta una visión distinta del problema, ya que la misma refleja la asignación de valoración del experto desde en cuanto no cumple ese elemento con las expectativas de la característica.

Para armar esta nueva matriz, se debe partir de la parrilla evaluada. Generando una nueva matriz en la cual cada valor se reemplaza por su opuesto. Para el ejemplo de la figura 2, tenemos que el valor máximo es 5 y el mínimo es 1, por lo tanto todos los números 1 serán reemplazados por 5 y viceversa; el valor anterior al máximo es 4 y el siguiente al mínimo es 2, por lo tanto los números 2 serán reemplazados por 4 y viceversa; por último el valor 3 es el punto medio, y por tal motivo no será reemplazado.

La nueva matriz de valores negativos, que se basa en la figura 12, quedará como se indica en la figura 14.

	e1	e2	e3	E4	e5
c1	5	1	1	5	1
c2	3	1	3	5	1
c3	5	1	2	5	1
c4	1	2	1	5	5
c5	5	2	3	5	1

Figura 12: Matriz de valores negativos

Sobre la base de la matriz de la figura 12 se procede a calcular las distancias entre características positivas y las negativas, de forma similar a la hecha con las características positivas.

$$(|c1[e1] - no c2[e1]| + |c1[e2] - no c2[e2]| + |c1[eN] - no c2[eN]|)$$

Volviendo al ejemplo, a continuación se calculan las distancias entre la característica positivas y negativa.

Distancia entre c1 y no c2:

$$(|1 - 3| + |5 - 1| + |5 - 3| + |1 - 5| + |5 - 1|) = 16$$

Distancia entre c1 y no c3:

$$(|1 - 5| + |5 - 1| + |5 - 2| + |1 - 5| + |5 - 1|) = 19$$

Distancia entre c1 y no c4:

$$(|1 - 1| + |5 - 2| + |5 - 1| + |1 - 5| + |5 - 5|) = 11$$

Distancia entre c1 y no c5:

$$(|1 - 5| + |5 - 2| + |5 - 3| + |1 - 5| + |5 - 1|) = 17$$

Distancia entre c2 y no c3:

$$(|3 - 5| + |5 - 1| + |3 - 2| + |1 - 5| + |5 - 1|) = 15$$

Distancia entre c2 y no c4:

$$(|3 - 1| + |5 - 2| + |3 - 1| + |1 - 5| + |5 - 5|) = 11$$

Distancia entre c2 y no c5:

$$(|3 - 5| + |5 - 2| + |3 - 3| + |1 - 5| + |5 - 1|) = 13$$

Distancia entre c3 y no c4:

$$(|1 - 1| + |5 - 2| + |4 - 1| + |1 - 5| + |5 - 5|) = 10$$

Distancia entre c3 y no c5:

$$(|1 - 5| + |5 - 2| + |4 - 3| + |1 - 5| + |5 - 1|) = 16$$

Distancia entre c4 y no c5:

$$(|5 - 5| + |4 - 2| + |5 - 3| + |1 - 5| + |1 - 1|) = 8$$

Con los valores completaremos la parte inferior de la matriz de la figura 13, la cual quedará como se muestra en la figura 13.

	C1	C2	C3	C4	C5
C 1		4	1	9	3
C 2	16		3	9	3
C 3	19	15		10	2
C 4	11	11	10		10
C 5	17	13	16	8	

Figura 13: Matriz triangular

A partir de los datos de la matriz de la figura 15 se calcula la matriz distancia para las características, la cual se basa en la comparación del valor obtenido para la característica positiva y negativa, colocando el menor de los dos en el triángulo superior de la nueva matriz distancia.

Para el ejemplo tenemos: c1 tiene respecto de c2 una distancia de 4 y respecto de no c2 una distancia de 16, por lo tanto a la matriz distancia irá el valor 4.

A continuación se detalla el cálculo para todas las características:

Combinación	Distancia	Combinación	Distancia	Menor
c1-c2	4	c1-no c2	16	4
c1-c3	1	c1-no c3	19	1
c1-c4	9	c1-no c4	11	9
c1-c5	3	c1-no c5	17	3
c2-c3	3	c2-no c3	15	3
c2-c4	9	c2-no c4	11	9
c2-c5	3	c2-no c5	13	3
c3-c4	10	c3-no c4	10	10
c3-c5	2	c3-no c5	16	2
c4-c5	10	c4-no c5	8	8

Figura 14: Calculo de mínimos

Luego de buscar el valor menor para cada combinación, se debe analizar si ha prevalecido la característica positiva o la negativa. Para lo cual se debe contar en cuántos casos ha prevalecido cada una, se debe asumir como más fuerte a la que haya prevalecido más veces. Esto determina que en la matriz distancia se represente a la característica como cN si prevalecen los valores positivos o No cN si prevalecen los valores negativos.

Para el ejemplo tenemos:

Característica	Positivos	Negativos	Prevalece
c1	4	0	Positivo
c2	4	0	Positivo
c3	4	0	Positivo
c4	0	0	Positivo
c5	1	1	Positivo

Figura 15: Tipo de característica

Sobre la base de estos datos se arma la nueva matriz distancia para características.

	c 1	c 2	c 3	C 4	c 5
c 1		4	1	9	3
c 2			3	9	3
c 3				10	2
c 4					8
c 5					

Figura 16: Matriz distancia

Una vez obtenida la matriz distancia el cálculo para obtener el árbol ordenado de características es el mismo que para los elementos. El mismo se detalla a continuación:

	c 1 - c 3	c 2	c 4	C 5
c 1 - c 3		3	9	2
c 2			9	3
c 4				8
c 5				

	(c 1 - c 3) - c5	c 2	c 4
(c 1 - c 3) - c5		3	8
c 2			9
c 4			

	((c 1 - c 3) - c 5) - c 2	c 4
((c 1 - c 3) - c 4) - c 2		8
c 4		

Figura 17: Matrices de distancias mínimas

Por último la matriz se reduce a: (((c 1 - c 3) - c 5) - c 2) - c 4)

Esto se representa:

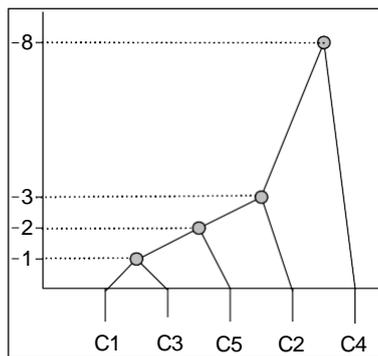


Figura 18: Árbol ordenado de características.

Interpretación o análisis de resultados:

Se pueden hacer dos tipos de análisis:

a) *Examen y discusión de los árboles ordenados.*

En esta etapa, los árboles ordenados obtenidos en la fase de formalización son presentados y discutidos con el Experto.

Observaciones del árbol ordenado de elementos de acuerdo al ejemplo planteado:

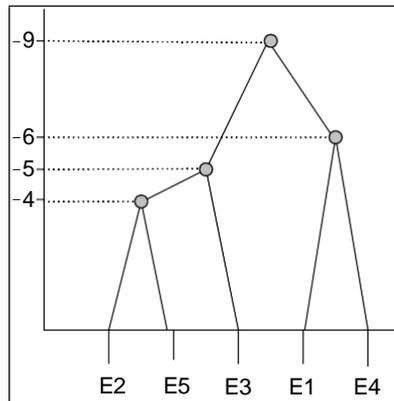


Figura 19: Árbol ordenado de elementos

- Existen dos grupos bien diferenciados. El primer formado por Linux, Unix, y Windows NT y el segundo formado por DOS y Windows .
- Linux y Unix tienen muchas similitudes.
- Windows NT es más parecido al Linux y Unix que al DOS y al Windows 98
- También se observa que si bien DOS y Windows 98 se encuentran ligados, las diferencias que existen entre ambos son bastante considerables.

Observaciones del árbol ordenado de características:

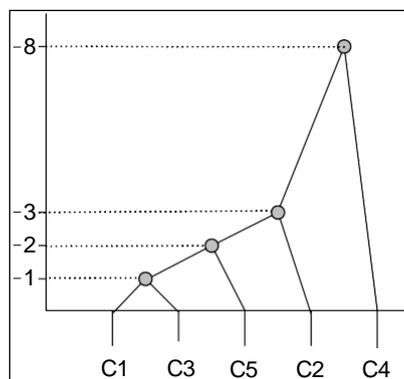


Figura 20: Árbol ordenado de características.

- Existen dos características muy fuertemente ligadas que son, multiprocesador y multiusuario.
- Puede observarse que los sistemas operativos multiusuario y multiprocesador, son seguros.
- La característica amigable, está bastante distante de las demás.

Por último en esta etapa es fundamental consultar los resultados con el experto, quien deberá corroborar, refutar o matizar las conclusiones, pudiendo producirse los casos siguientes:

- 1- Dos elementos o características aparecen unidos cuando no deberían estarlo. En este caso se debe reconsiderar los valores asignados al objeto. Si los valores son correctos, se le debe pedir al experto que explique en que se diferencian estos elementos, para analizar si hace falta agregar una nueva característica.
- 2- Dos elementos o características aparecen disjuntos cuando deberían estar ligados. En estos casos se deberá proceder de manera similar al caso anterior.

b) Red de relaciones entre características.

En esta segunda etapa, se busca establecer una red de relaciones entre las diferentes características. Las trazas de carácter que parezcan ligadas en el árbol ordenado se estudian dos a dos. Para cada par de características se intenta establecer si existe alguno de los siguientes tipos de relaciones:

1. *Paralela:* A implica X, B implica Y.
Por ejemplo si comparamos dos autos, puede ocurrir que: (Familiar/coupé, Habitable/Inhabitable). Un coche familiar es habitable, un coupé no lo es. Pero un coche habitable no es necesariamente un coche familiar.
2. *Reciproca:* A implica X, B implica Y, X implica A e Y implica B.
Por ejemplo volviendo a los autos: (Potente/Poco Potente, Gran Cilindrada/Pequeña Cilindrada). Entonces se tiene una equivalencia formal entre ambas características.
3. *Ortogonal:* A implica X, pero B no implica Y. O, entonces A implica X y B implica X, pero ni A ni B implican a Y.
Por ejemplo, (Deportivo/No deportivo, Nervioso/Pesado). Un coche deportivo es siempre nervioso, pero un coche no deportivo, no es siempre un coche pesado; puede sencillamente ser poco rápido.
4. *Ambigua:* A y B implican X e Y. Este tipo de relación puede encontrarse, cuando se usa una misma etiqueta para designar dos características diferentes.
Por ejemplo, en Seguro/Ligero, las dos implicaciones: Deportivo implica seguro y deportivo implica ligero son posibles. Entonces hay que hacer que el Experto suprima la ambigüedad de las características que utiliza.

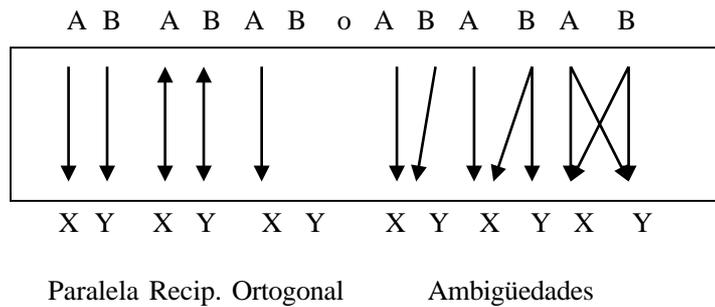


Figura 21: Relaciones posibles entre características

Siguiendo con el ejemplo:

A continuación se analiza el tipo de relación entre c1 y c3, ya que ambas aparecen ligadas en el árbol ordenado (figura 20). Con relación a esto el experto considera que:

- Un sistema operativo que soporta multiprocesamiento equivale a estar preparado para administrar los recursos de muchos usuarios y viceversa. En general se cumple que: *Un sistema operativo Multiprocesador implica Multiusuario, y que un sistema operativo Multiusuario implica Multiprocesador.*
- Por otra parte el experto afirma, que los sistemas que no soportan multiprocesamiento han sido concebidos como monousuarios y viceversa. Lo que implica que: *Un sistema operativo Monoprocesador implica Monousuario, y que un sistema operativo Monousuario implica Monoprocesador por lo que se determina una relación reciproca, o de equivalencia entre Multiusuario y multiprocesador, donde:*

Multiprocesador	Monoprocesador
↕	
Multiusuario	Monousuario

Figura 22: Relaciones entre C1 y C3

Sobre la base del análisis de los árboles ordenados y de los tipos de relaciones existentes entre características el Ingeniero en Conocimiento podrá sacar conjeturas sobre la forma de pensar del experto, que le permitirán definir las reglas de inferencia para las distintas búsquedas.

Ventajas e Inconvenientes del Emparrillado

La técnica del Emparrillado es útil al menos por dos razones. En primer lugar, porque la educación de una parrilla, hace que el experto piense dos veces, por lo menos, acerca del problema, y ayuda a clarificar sus conclusiones o impresiones mentales. En segundo término, por que las parrillas pueden analizarse para encontrar patrones o asociaciones para posteriores investigaciones. Sin embargo, grandes parrillas descriptas con gran detalle tienden a ser inmanejables.

Esta técnica permite identificar, principalmente, conceptos, (elementos u objetos) y relaciones entre ellos. Esta identificación es, en general, muy clara y la representación de la

experiencia es entonces inmediata. Además, una entrevista con el experto sobre los resultados obtenidos con esta técnica puede conducir a la identificación de otros muchos conceptos que constituyen la experiencia. Entre los que cabe destacar: Reglas, operadores o procedimientos que traten sobre los elementos, enlaces, valores, acciones, conceptos y conocimientos tácticos, así como el facilitar la clasificación de los elementos. También puede ser útil en el tratamiento de la incertidumbre.

Entre los inconvenientes, el mas empleado por los críticos, es que debido a la propia naturaleza de la teoría de la construcción personal, los resultados serán estrictamente personales; es decir, muy subjetivo. De este modo, dos expertos tratando el mismo tema pueden producir conjuntos de resultados bastante diferentes. Sin embargo, esta observación se puede aprovechar, ya que existen evidencias de que esa diferencia es justo la manera en la cual los expertos imaginan los problemas que los distingue de los novatos.

