

METODOLOGIAS DE EDUCACIÓN DE CONOCIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE SISTEMAS INFORMATICOS EXPERTOS

Ramón GARCIA MARTINEZ, Bibiana ROSSI y Paola BRITOS

CAPIS - Centro de Actualizacion Permanente en Ingeniería de Software
Escuela de Posgrado. ITBA.

{rgm,brossi,pbritos}@itba.edu.ar

0. Introducción

Varios autores han señalado que uno de los cuellos de botella más importantes en el proceso de construcción de un sistema informático basado en el conocimiento es el de la adquisición de conocimiento [Greenwell, 1988; Debenham, 1989; Brulé y Blount, 1989; Meyer y Booker, 1991]. Constituye una tendencia el mejorar al proceso de educación de conocimiento mediante el uso de técnicas de adquisición de conocimiento.

En forma mas sencilla, esta cuestión consiste en el problema de hacer que el experto diga lo que sabe y un problema complementario es darle forma automáticamente manipulable. Dentro de los métodos de adquisición de conocimiento se pueden citar los métodos basados en interaccion humana tales como tareas familiares, entrevistas, tareas de proceso restringido y tareas de información limitada y los basados en técnicas de aprendizaje automático [García Martínez, 1994].

Aparejado al problema de adquisición de conocimiento se encuentra el de la validación y chequeo del conocimiento adquirido. El chequeo del conocimiento puede hacerse mediante la validación de los rangos de respuestas que debe dar al sistema experto que está siendo desarrollado y la verificación se logra haciendo interactuar el experto de campo con el prototipo del sistema experto para registrar sus impresiones y haciendo las modificaciones pertinentes. Se puede definir la verificación como un proceso incremental de mejoramiento que se detiene cuando se obtiene un comportamiento aceptable del sistema experto.

1. El Dominio del Sistema

Las tareas del dominio candidato o elegible deben ser descomponibles en subtareas, esto permitirá la construcción rápida de un prototipo para un subconjunto cerrado de la tarea completa que realiza el experto humano en el dominio especificado.

El campo o dominio debe ser estable, no deben existir demasiadas estructuras de conocimiento que implementadas en un principio como válidas, se vuelvan obsoletas antes de que el sistema experto alcance el estado de utilización completa. El dominio debe ser rentable, por ejemplo, los expertos humanos deben ser pocos, caros y/o difícilmente alcanzables, de manera que la inversión asimile sus costos con facilidad.

2. METODOS DE ADQUISICION DE CONOCIMIENTO

En esta sección se presenta el método de educación del conocimiento desarrollado por Grover, las fases de adquisición de conocimiento correspondientes a la Metodología Ideal de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid y el Método de modelado de conocimiento BGM.

2.1. Método GROVER

La metodología de Grover [1983] se concentra en el la definición del dominio (conocimiento, referencias, situaciones y procedimientos) en la formulación del conocimiento fundamental (reglas elementales, creencias y expectativas) y en la consolidación del conocimiento de base (revisión y ciclos de corrección).

Tradicionalmente, la fase de adquisición de conocimiento (AC) en el desarrollo de un sistema experto ha tomado dos enfoques, en el primero, un modelo existente provisto para el nuevo dominio es usado para desarrollar una base de conocimientos, en el segundo método se forma un equipo donde el experto del dominio y el ingeniero de conocimiento intercambian opiniones hasta construir un modelo del cuerpo de conocimiento y un sistema comparable en performance al especialista humano.

El ingeniero de conocimiento debe resolver el problema de la limitada disponibilidad de expertos en disciplinas donde el experto es único o indispensable y no puede ser separado de las tareas diarias. Estos expertos no pueden dedicar meses a desarrollar un sistema experto que podría ser utilizado para ayudar en el proceso de toma de decisiones.

Por ejemplo: el acceso a expertos militares o alta política es restringido por múltiples causas entre ellas: organización, geografía o seguridad. Adicionalmente, el conocimiento en los dominios políticos y militares son a menudo superficiales, diversificados, distribuidos y altamente transitorios. Cuanto más eficientemente aprovecha el tiempo disponible un ingeniero en conocimiento, más válido es el modelo producido.

Esta técnica puede ser aplicada al caso más general de especificar soluciones de tareas de ingeniería de software de gran escala las cuales utilizan acercamientos heurísticos y algoritmos.

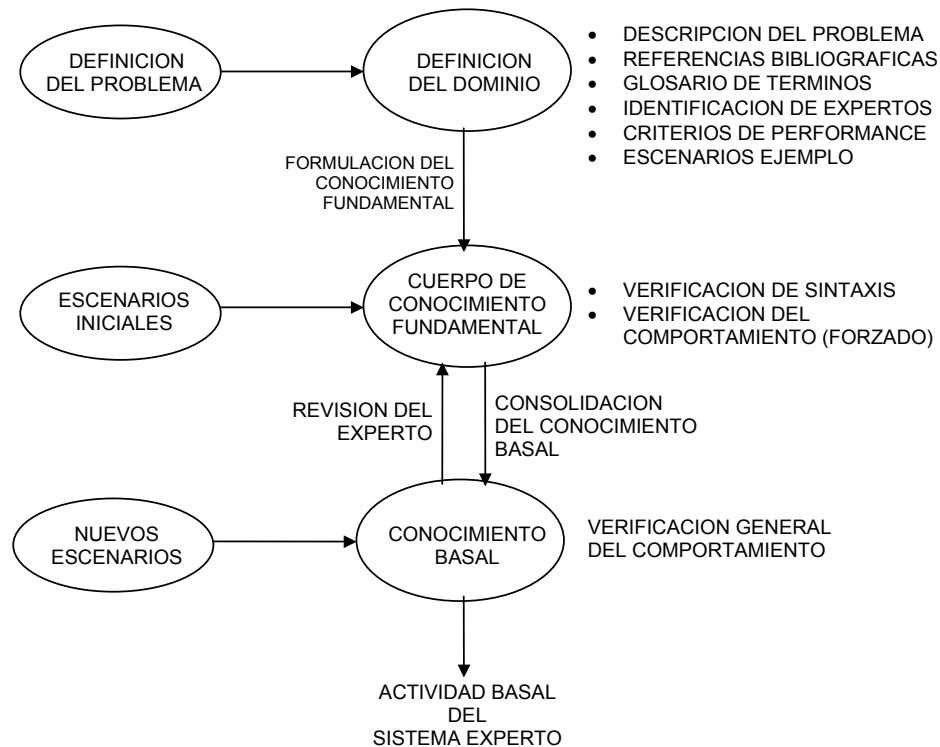
2.1.1. Ciclo de adquisicion de conocimiento

Muchas técnicas de adquisición de conocimiento son intuitivas y de práctica ordinaria. Una innovación significativa es la producción de series de documentos de adquisicion de conocimiento. La formulación de esta documentación es un sustituto parcial del experto y provee a los diseñadores de sistemas y usuarios, un medio de comunicación y referencia.

La metodología de adquisición de conocimiento para el dominio del problema que se presenta en esta sección tiene tres fases: definición del dominio, formulación fundamental del conocimiento y consolidación del conocimiento basal.

Las series de documentos contienen los resultados de las tres fases y permite a los usuarios, expertos y diseñadores de sistemas a poseer un conjunto de

experiencia humana documentada consistente, organizada y actualizada sobre la cual basar el sistema experto.



2.1.2. Definición del dominio

Después que el problema es definido por el usuario, la primera fase de adquisición de conocimientos consiste en un cuidadoso entendimiento del dominio. El objetivo es la producción de un Manual de Definición de Dominios conteniendo:

- Descripción general del problema.
- Bibliografía de los documentos referenciados.
- Glosario de términos, acrónimos y símbolos.
- Identificación de expertos autorizados.
- Definición de métricas de performance apropiadas y realistas.
- Descripción de escenarios de ejemplos razonables.

Las fuentes de referencia son frecuentemente suficientes para introducir al ingeniero de conocimiento al dominio, en particular, las fuentes gubernamentales tienen gran volumen de documentos útiles, a pesar de no ser fácilmente accesibles.

2.1.3. Formulación fundamental del conocimiento

En la segunda fase de Adquisición de Conocimientos, se revisan los escenarios seleccionados por el experto que satisfacen los siguientes cinco criterios de conocimiento “fundamental”: el más nominal, el más esperado, el más importante, el mas arquetípico y el mejor entendido. Esta revisión forma una base para determinar la performance mínima, realizar el testeo y efectuar la corrección y determinar las capacidades del sistema experto que pueden ser expandidas y sujetas a experimentación. Esta base del conocimiento fundamental debe incluir:

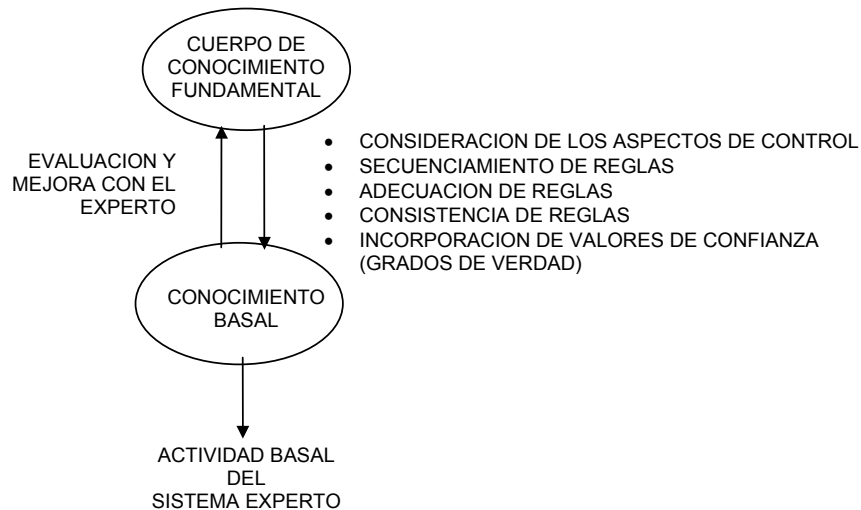
- una ontología de entidades del dominio, relaciones entre objetos (clases) y descripciones objetivas;
- un léxico seleccionado (vernáculo);
- una definición de fuentes de entrada y formatos;
- una descripción del estado inicial incluyendo un conocimiento estático;
- un conjunto básico de razones y reglas de análisis; y
- una lista de estrategias humanas (meta-reglas) las cuales pueden ser consideradas por los diseñadores del sistema experto como reglas a incluir en la base de conocimiento..

Este cuerpo debe estar escrito, parte de él habrá sido adquirido previamente durante la definición del dominio. La validez de este cuerpo de conocimiento puede ser testada implementándola en una base de conocimiento que se contraste con los escenarios desde los cuales fue adquirida y verificando que se produzca un comportamiento similar al del experto en el mismo escenario.

2.1.4. CONSOLIDACION DEL CONOCIMIENTO BASAL

El último paso en ese proceso es el ciclo de “revisión y mejoramiento” del conocimiento educido. La actividad basal puede ser definida en el mismo sentido que la medicina: el menor nivel de actividad (comportamiento del sistema) esencial para el mantenimiento de funciones vitales. En un sistema experto, esto refiere a que todos los componentes del sistema experto operacional estan desarrollados, pero sin la amplitud ni profundidad que la versión final necesitará. Se debe, sin embargo, encontrar el conjunto de estándares mínimos de performance en la definición del dominio.

El conocimiento basal, entonces, es el conjunto de reglas y definiciones adecuadas para producir actividad basal. El cuerpo fundamental del conocimiento es revisado e integrado a través de la apropiada reconstrucción de reglas. La corroboración con expertos adicionales puede colaborar en el cumplimiento de este objetivo. En esta etapa pueden trabajarse los niveles de confianza de las distintas piezas de conocimiento.



2.2. Método IDEAL

Este método fue desarrollado por Pazos [1996] en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid y consta de las siguientes fases:

- Fase I. Identificación de la tarea
- Fase II. Desarrollo de los prototipos
- Fase III. Ejecución de la construcción del sistema integrado
- Fase IV. Actuación para conseguir el mantenimiento perfecto
- Fase V. Lograr una adecuada transferencia tecnológica

Se verá en detalle las que contienen etapas de educación del conocimiento (Fases I y II).

2.2.1. Fase I. Identificación de la tarea

La fase I considera la definición de los objetivos del proyecto de sistema experto y determinar si la tarea asociada es susceptible de ser tratada con la tecnología de Ingeniería del Conocimiento. En caso afirmativo se definen las características del problema, se especifican los requisitos que enmarcan la solución del problema. Esta fase se subdivide en las siguientes etapas:

2.2.1.1. Etapa I.1. Plan de requisitos y adquisición de conocimientos

Lo primero que debe hacer el ingeniero de conocimiento es tratar de identificar las necesidades del cliente describiendo para ello, los objetivos del sistema. Estos objetivos pueden ser:

- Finalidades, de carácter filosófico.
- Fines. De carácter cualitativo.
- Metas u objetivos a plazo fijo, de carácter cuantitativo.

Además, se debe determinar qué información se va a obtener y suministrar, funcionalidades a exigir y requisitos necesarios para todo ello. Los parámetros fundamentales de este plan de requisitos son:

- Fines específicos y generales del sistema.
- Funcionamiento y rendimiento requeridos.
- Fiabilidad y calidad.
- Limitaciones de costo/tiempo.
- Requisitos de fabricación.
- Tecnología disponible.
- Competencia.
- Ampliaciones futuras.

Para confeccionar el plan de requisitos es necesario comenzar con la adquisición de conocimientos, entrevistándose con directivos, expertos y usuarios.

2.2.1.2. Etapa I.2. Evaluación y selección de la tarea

Esta etapa, que conforma el «estudio de viabilidad», se lleva a cabo realizando la evaluación de la tarea, cuantificando dicha evaluación para ver qué grado de dificultad presenta la tarea. Existen, varias formas de llevar a cabo dicha evaluación. Esta etapa es fundamental para evitar *a priori* fallas.

2.2.1.3. Etapa I.3. Definiciones de las características de la tarea

Aquí, se establecen y, eventualmente, definen las características más relevantes asociadas con el desarrollo de la aplicación. En particular, se dan:

- a) Una definición, lo más formal posible, de la aplicación desde el punto de vista del sistema. Se pasa de una descripción informal de los requisitos del usuario a una especificación técnica completa emitida por el ingeniero de conocimiento. Para esto hay que llevar a cabo una especificación inicial de los siguientes tipos de requisitos:

Funcionales: tipos de información: (datos, noticias y conocimientos) que se van a tratar, operaciones a realizar sobre ellos, salidas deseadas.

Operativos o de funcionamiento: estáticos que no varían con el tiempo, y dinámicos, que varían con el tiempo.

De interfaz: de usuarios, con otros productos y sistemas.

De soporte: plataforma de base requerida tanto hardware como software.

- b) Criterios de éxito, que básicamente consisten en identificar las necesidades reales de los usuarios finales y decisores del sistema propuesto y definir el

grado de satisfacción de dichas necesidades que debe cumplimentar el sistema.

- c) Casos de prueba o juego de ensayo, que permita validar tanto el grado y la calidad de la experiencia del experto como las prestaciones del sistema experto obtenido.
- d) Recursos para desarrollar el sistema experto. Dentro de estos recursos, hay que especificar tanto los materiales (económicos, hardware, software) como los humanos (expertos, ingenieros de conocimiento, ingenieros del software, programadores convencionales y inteligencia artificial).
- e) Análisis de costo/beneficio y evaluación de riesgos, desglosados por conceptos de gastos (personal, material y varios) tipos de beneficios (tangibles, intangibles, concomitantes) y clases de riesgos (institucionales, económicos, estratégicos, tácticos, a corto, medio y largo plazo).
- f) Puntos de control y calendario, que establece el plan de desarrollo del sistema, así como el programa para llevarlo a cabo.

Esta etapa configura la especificación del sistema. Mientras que en la etapa I.1., plan de requisitos, se describen miniespecificaciones que sirven de base para la evaluación de la tarea que se lleva a cabo en la etapa I.2; en la etapa I.3 se completa la especificación con los conocimientos iniciales que se tienen del sistema.

Con la definición de esta fase, los ingenieros de conocimiento, los expertos, usuarios y directivos, consiguen perfilar satisfactoriamente el ámbito del problema; definir coherentemente sus funcionalidades, rendimiento, e interfaces; analizar el entorno de la tarea el riesgo de desarrollo del sistema experto. Todo ello hace que el proyecto se justifique y asegura que los ingenieros de conocimiento y los clientes tengan la misma percepción de los objetivos del sistema

En cualquier caso, siempre hay que tener presente que las especificaciones iniciales de los sistemas basados en conocimiento suelen ser inciertas por: incompletas, imprecisas, inconsistentes o contradictorias por lo que su obtención real y completa exigirá el desarrollo de distintos prototipos.

2.2.2. Fase II. Desarrollo de los prototipos

La fase II concierne al desarrollo de los distintos prototipos que permiten ir definiendo y refinando más rigurosamente las especificaciones del sistema, de una forma gradual hasta conseguir las especificaciones exactas de lo que se puede hacer y cómo realizarlo. Pero aún más, pues en el desarrollo de los distintos prototipos suceden muchos problemas a los que el ingeniero de conocimiento se enfrenta por primera vez y a los que hay que dar solución.

La construcción relativamente rápida de un prototipo de demostración permitirá al ingeniero de conocimiento, al experto y directivos comprobar la viabilidad de la aplicación y comprender mejor los requisitos de los usuarios y las

especificaciones del sistema. Es decir, conocer mejor la problemática de la aplicación.

A continuación se establecen paulatinamente los prototipos de: investigación, campo y operación, que son sucesivos refinamientos cada uno del anterior. Para llevar a cabo estos prototipos hay, que realizar distintas etapas. existiendo ligeras diferencias entre las etapas del prototipo de demostración y los otros. Dicho esto, para el desarrollo del prototipo de demostración hay que llevar a cabo las etapas siguientes:

2.2.2.1. Etapa II.1. Concepción de la solución.

Esta etapa tiene como objetivo producir un diseño general del sistema prototipo. Inicialmente, el ingeniero de conocimiento y, el experto estudian las especificaciones parciales del sistema Y el plan del proyecto obtenidos en la fase anterior y, en base a ellos, producen un diseño general. Esta etapa engloba dos actividades principales: el desarrollo del diagrama de flujo de datos (DFD) y el diseño arquitectónico del sistema. Para los subsiguientes prototipos esta etapa se convierte en refinamientos de la concepción de la solución o, si se quiere, en sucesivas reconceptualizaciones.

2.2.2.2. Etapa II.2. Adquisición de conocimientos y conceptualización de los conocimientos

Aunque la adquisición de conocimientos es una actividad que impregna toda la ingeniería de conocimiento, desde que se inicia el estudio de viabilidad hasta que finaliza el uso del sistema experto desarrollado, es en esta etapa donde adquiere su mayor uso. La adquisición, en sus dos facetas de extracción de los conocimientos públicos de sus fuentes (libros, documentos, manuales de procedimientos) y la educación de los conocimientos privados de los expertos, se alterna cíclicamente con la etapa de conceptualización para modelizar el comportamiento del experto.

2.2.2.3. Etapa II.3. Formalización de los conocimientos

Esta etapa presenta dos actividades fundamentales:

- La selección de los formalismos para representar los conocimientos que conforman la conceptualización obtenido en la etapa anterior.
- La realización del diseño detallado del sistema experto.

La formalización o representación de los conocimientos, se encuentra ligada con los tipos de conocimientos más apropiados para su representación y las herramientas disponibles en su desarrollo.

En lo que concierne a la actividad de diseño detallado del sistema baste decir aquí, que consiste en una estructura modular del sistema que incorpora todos los conceptos que participan en el prototipo. Esta actividad debe desarrollar la

arquitectura general del prototipo, especificada en la etapa II.1, concepción de la solución. En esta actividad hay que establecer los módulos que definen el motor de inferencias, las bases de conocimiento, interfaces (de usuario y a otros sistemas).

2.2.2.4. Etapa II.4. Implementación

Si en la etapa anterior se seleccionó una herramienta de desarrollo adecuada y el problema se ajusta a ella y viceversa, la implementación es inmediata y automática. En otro caso, es necesario programar, al menos, parte del sistema basado en conocimiento, con las dificultades y problemas que implican cualquier implementación.

En todo caso, hay que dejar constancia aquí de que el uso de herramientas de desarrollo, a pesar de las facilidades que aportan, presenta algunos inconvenientes en absoluto despreciables. como son:

- a) Dependencia. El prototipo construido queda ligado a la herramienta, sin que se genere un ejecutable independiente. limitando con ello su portabilidad.
- b) Eficiencia. Al quedar incorporada la herramienta al sistema, éste ocupa mucho espacio con una herramienta de la que sólo se utiliza una parte muy pequeña.
- c) Gran tamaño, complejidad y costo. Por ser las buenas herramientas: grandes, complejas (tanto de aprender, como de manejar) y, caras.

2.2.2.5. Etapa II.5. Validación y Evaluación

La fiabilidad de los resultados es, tal vez, el punto más sensible de todo sistema experto y por tanto su punto crítico. Es una de las tareas más difíciles dado que estos sistemas están contruidos para contextos en los que las decisiones son, en cierta medida, discutibles. Sin embargo, existen técnicas que permiten realizar esta validación de una forma satisfactoria. Para ello, se deben realizar las siguientes acciones, independientes entre si pero complementarias:

- a) Casos de prueba o juego de ensayo que, a modo de Test de Turing, permiten comparar las respuestas de los expertos frente a las del sistema y ver si hay discrepancias. Si las hay, habrá que refinar el sistema, si no, se da por válido.
- b) Ensayo en paralelo que es una consecuencia del anterior y consiste en que los expertos usen rutinariamente el sistema experto desarrollado para ver las discrepancias entre ambos. Aquí se examina detalladamente la interfaz de usuario para ver si se ajusta a los deseos de expertos y usuarios finales tanto en su ergonomía como en las explicaciones que proporciona.

2.2.2.6. Etapa II.6. Definición de nuevos requisitos, especificaciones Y diseño

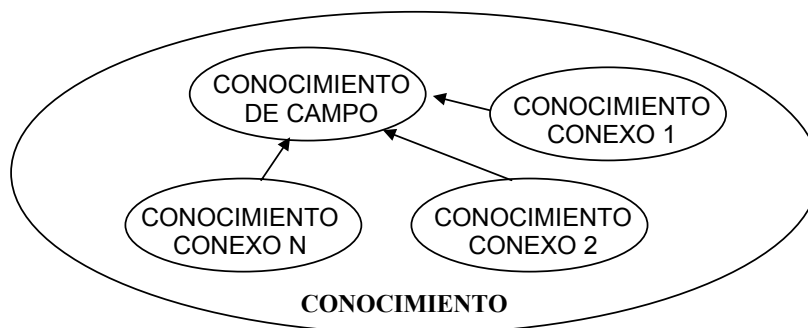
Como ya se ha mencionado, los sistemas basados en conocimiento se construyen de forma incremental, primero un prototipo de investigación, que se convierte en un prototipo de campo para, finalmente, resultar un prototipo de operación. Esta etapa se corresponde con la definición de los requisitos, especificaciones y diseño del siguiente prototipo. que para ser construido deberá pasarse, de nuevo, por las etapas II.1 a II.5. Esta fase acaba con la obtención del sistema experto completo.

2.3. Método BGM

El método BGM desarrollado por Blanqué y García Martínez [García Martínez, 1992] que se describe a continuación consta de 5 etapas:

2.3.1. Etapa 1: Adquisición de Conocimiento

Esta etapa consiste en pedirle al experto de campo que hable sobre el conocimiento involucrado, recordándole al experto que el ingeniero de conocimiento es lego en el tema. El conocimiento asociado a un dominio que tiene un experto puede visualizarse mediante el siguiente esquema:



El conocimiento de campo ocupa una parte del conocimiento del experto, este conocimiento tiene conexos otros conocimientos que permiten que el experto lo articule, estos conocimientos conexos no son específicos del dominio de aplicación pero tienen que ver con el, es decir, hacen al sentido común necesario para aplicar esa área de conocimiento. Este conocimiento conexo también debe ser incluido en la BC. Este conocimiento es el que resulta de pedirle al experto de campo que piense su exposición para personas que desconocen el tema, así se fuerza inconscientemente al expositor a explorar en busca de conocimiento conexo, o sea, conocimiento para no especializados en el tema.

2.3.2. Etapa 2: Enunciación de Conceptos

En esta etapa se debe tomar nota de los conceptos más frecuentemente utilizados. Esto se logra observando la recurrencia del experto de campo sobre determinadas ideas, en esta etapa, la experiencia ha demostrado la conveniencia de mostrar una lista de tales conceptos al experto de campo y que él realice una clasificación del tipo:

- Conceptos primarios y secundarios
- Conceptos primarios, vinculantes y secundarios.

2.3.3. Etapa 3: Parametrización de Conceptos

Parametrizar los conceptos involucrados. Estos parámetros suelen estar asociados a valores tales como:

- Presencia / Ausencia
- Mucho / Poco / Nada
- Alto / Bajo / Medio
- Verdadero / Falso
- Valores de confianza
- Valores Estadísticos, Probabilísticos
- Resultados numéricos de expresiones aritméticas o lógicas

Estos parámetros “ad hoc” suelen englobarse en formalismos de representación de conocimiento como los descriptos en el capítulo 4.

EL trabajo del ingeniero de conocimiento consistirá en descubrir tales valores en el discurso del experto de campo, y llegado el caso, plantearle si tales valores le parecen aceptables o si es necesario considerar modificaciones.

2.3.4. Etapa 4: Planteo de Causalidades

Establecer relaciones de causalidad entre los conceptos mencionados y redactar las reglas asociadas. Una de las reglas que suelen aparecer con más frecuencia en el trabajo del ingeniero de conocimiento, tiene la siguiente forma:

SI $A_1 \Delta \dots \Delta A_n$ ENTONCES $C_1 \vee \dots \vee C_m$

donde

A_i es un antecedente

C_i es in consecuente

Δ es un operador lógico

\vee es el disyuntor

Este tipo de reglas merecen nuestra atención porque suelen expresar dos tipos de problemas:

a) $C_i \cap C_j \neq \emptyset$ con $i \neq j$

En este caso es razonable pensar que existe un consecuente C tal que $C = C_i \cup C_j$. El trabajo del ingeniero de conocimiento consistirá descubrir tal consecuente C

b) $C_i \cap C_j = \emptyset$ con $i \neq j$

En este caso el problema es mas grave ya que si $C_i \cap C_j = \emptyset$ para $i \neq j$ luego podemos afirmar que C_i pertenece al complemento de C_j y que C_j pertenece al complemento de C_i de loque se deduce que C_i está en la negación de C_j y que C_j está en la negación de C_i ; y esto es equivalente a afirmar una contradicción, lo que constituye una inconsistencia (por definición)

2.3.5. Etapa 5: Verificación

Verificar la aceptabilidad de las reglas con el experto de campo. Esto se realizará usando casos de testeo que sean considerados típicos, se compararán los resultados con los dados para esos mismos casos por los expertos humanos, y en base a esa comparación, se decidirá si modificar, eliminar, o aceptar las reglas involucradas. Se usarán casos de la bibliografía proporcionada para producir los testeos iniciales. Se utilizarán casos extremos para testear, verificar la consistencia y ampliar la base de conocimiento, si es posible.

Se usarán casos de testeo típicos para generar grupos adicionales de casos, variando ciertos aspectos de los primeros. Se verificará la aplicabilidad del modelo, corriendo el prototipo, o el sistema experto en paralelo con expertos humanos (diferentes de aquellos con los cuales se realizó el sistema) en situaciones reales, y se llevarán estadísticas acerca de su comportamiento, tratando de detectar posibles problemas conceptuales a partir del análisis de las respuestas.

2.3.6. Una variante sobre el método

En algunos casos se presenta el conocimiento ya en forma tal que se pueden descubrir fácilmente las reglas. En este tipo de situaciones, la estructura de la metodología se ve modificada de la siguiente manera:

- Etapa 1: Adquisición del conocimiento
- Etapa 2: Búsqueda de reglas causales
- Etapa 3: Búsqueda y unificación de los conceptos y parámetros
- Etapa 4: Verificación.

La etapa 1 y la etapa 4 son análogas a las de la metodología original. La etapa 2 consiste en encontrar las reglas en el cuerpo de conocimiento obtenido en la etapa 1 (esta situación es frecuente cuando se está trabajando con conocimiento público, por ejemplo de textos). La etapa 3 consiste en un proceso de normalización de los conceptos y parámetros obtenidos a partir de las reglas.

3. Recomendaciones de Aplicación

El desarrollo de un sistema informático experto requiere la consolidación del grupo de trabajo que forman los desarrolladores y los expertos de dominio.

En este contexto durante el proceso de educación de conocimiento se seguirán las siguientes pautas

- No se exigirá el principio que el sistema informático experto desarrolle la tarea completa de un experto humano; al menos en las primeras etapas, cierto grado de cobertura incompleta del campo debe ser tolerado.
- Los desarrolladores tratarán de acompañar al experto de dominio (o de campo) y ver como éste realiza su tarea siempre y cuando sea posible. Se revisará tanto la bibliografía, dada por los expertos de campo como lo adquirido en las reuniones para extraer de allí los conceptos principales, las propiedades, los atributos, los hechos y las reglas que hacen al conocimiento, tareas y experiencia del dominio.
- Se tratará de documentar el conocimiento de la manera más formal que éste lo permita, utilizando algún esquema o conjunción de formalismos de representación de conocimientos, como reglas de producción, redes semánticas, diccionarios de conceptos o grafos causales.
- Se intentará separar las reglas en ambientes de aplicación, donde las reglas de un ambiente estén fuertemente cohesionadas entre sí, y débilmente cohesionadas con las de otros ambientes.
- Se usarán nombres relacionados con el tema que serán además descriptivos para los procedimientos, variables y constantes que se usen tanto en el prototipo como en sistema experto.
- Se incluirá una cláusula explicatoria por cada regla construida, que explicará el porque de la regla cada vez que es disparada, si se lo requiere, y otra cláusula que indicará el como, es decir, la descripción de los pasos a través de los cuales se llega a esa conclusión.

4. Bibliografía

Brulé, J. y Bount, A. 1989. *Knowledge Acquisition*. McGraw-Hill. New York.

Debenham, J. 1989. *Knowledge System Design*. Prentice Hall. Sidney.

García Martínez, R. 1992. *Construcción de Sistemas Expertos*. 154 páginas. Imprenta del CEI-UBA. Argentina.

García Martínez, R. 1994. *Adquisición de Conocimiento*. En Abecasis, S. y Heras, C. *Metodología de la Investigación*. 157 páginas. Editorial Nueva Librería. ISBN 950-9088-65-x.

Grover, M. 1983. A *Pragmatic Knowledge Aquisition Methodology*. Proceedings VIII IJCAI. Estados Unidos.

Greenwell, M. 1988. *Knowledge Engineering for Expert Systems*. Ellis Horwood Limited. Chichester.

Meyer, M. y Booker, J. 1991. *Eliciting and Analyzing Expert Judgement*. A Practical Guide. Academic Press. Londres.

Pazos Sierra, J. 1996. *Introducción a la Ingeniería del Conocimiento*. Unidad 19. Material del Magister en Ingeniería del Software. Convenio ITBA-UPM.