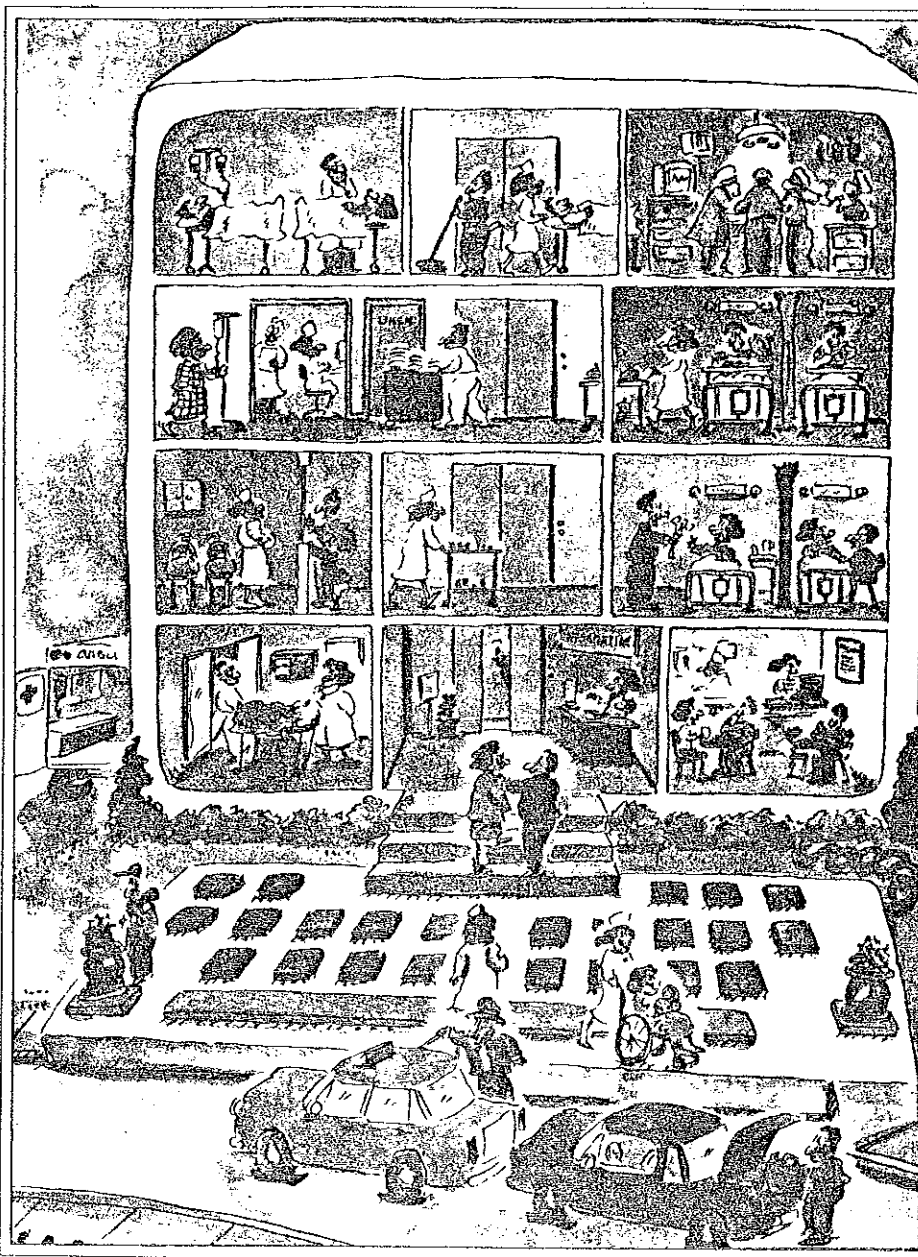


# Informática y medicina

**L**a sanidad española se encuentra en nuestros días ante un tremendo reto: tener que proporcionar más y mejor asistencia en un entorno de costes crecientes y presupuestos restrictivos. Indudablemente, un sistema de información, que permita optimizar la utilización de los recursos escasos y mejorar la asistencia al paciente basándose en una información más completa, fiable y disponible y en la disminución del tiempo dedicado por los profesionales sanitarios a labores meramente administrativas, será la herramienta más eficaz para enfrentarse con éxito a ese reto. Sentadas estas premisas, resulta fácil entender por qué la implantación de un sistema de información sanitaria se ha convertido en una auténtica necesidad política para todas las organizaciones gubernamentales, tanto a nivel estatal como autonómico. Insalud, SAS, ICS, Osakidetza, SVS; todas las autoridades sanitarias de nuestro país tienen en marcha en estos momentos planes muy ambiciosos para dotar a sus respectivos sistemas sanitarios del sistema de información que les permita dar respuesta a esa necesidad política y técnica. Todos estos planes se encuentran en diferentes estadios de su desarrollo, gran parte de ellos incluso en el diseño; por lo cual sus efectos empezarán a ser sentidos por el colectivo profesional dentro de algún tiempo; y aún deberá pasar más tiempo hasta que los pacientes puedan beneficiarse de sus resultados.



## La informática hospitalaria en España: un diagnóstico y una pobre terapia

Si pasamos revista a la situación actual de la informática sanitaria; y más concretamente al grado de informatización general de los hospitales españoles, vemos de reconocer que, desgraciadamente y salvo honrosas y muy contadas excepciones,

esta informatización es escasa e ineficaz.

Resulta paradójico que un área de tanta importancia social y tan necesitada de sistemas eficientes de información esté todavía en la actualidad en nuestro país en unos niveles de informatiza-

ción bastante más bajos que los correspondientes a otras áreas de actividad, que tienen una repercusión mucho menos directa sobre algo tan importante como es el bienestar y la calidad de vida de los ciudadanos.

Esta situación no es desde

luego producto de una incapacidad técnica o profesional de los responsables de cada área, sino que es un fiel reflejo de la situación organizativa general de los hospitales, generada desde un punto de partida histórico y agravada por circunstancias recientes.

### INDICE:

— La informática hospitalaria en España, un diagnóstico y una pobre terapia

Pág. 13

— Infraestructuras para la aplicación de las tecnologías avanzadas de la informática y el cuidado de la salud.

Pág. 14

— La informática en medicina general.

Pág. 19

— El programa AIM. Actividad comunitaria de I+D.

Pág. 21

— Diagnóstico por imagen.

Pág. 24

— Inteligencia Artificial: sistemas basados en el conocimiento en medicina.

Pág. 27

— Pneumon-IA, una aplicación de sistemas expertos al diagnóstico médico.

Pág. 31

# Informática y medicina

Hasta ahora los modelos utilizados en la ayuda a la decisión médica han estado basados en las teorías de la decisión y en métodos probabilísticos y estadísticos. El médico no utiliza estos modelos frecuentemente, pues le es difícil de evaluar la calidad de la solución diagnóstica propuesta de una manera exclusivamente estadística cuando se trata de un enfermo en particular.

La Inteligencia Artificial (IA) representa una nueva aproximación a los procesos de inferencia utilizando modelos no-bayesianos que intentan recoger de forma más fiel la imprecisión inherente al razonamiento médico. Para modelizar estas formas de inferencia son necesarios nuevos modelos lógicos que superen las limitaciones de la lógica clásica, como por ejemplo lógicas modales, lógicas temporales o lógicas difusas en cuyo marco se inscribe PNEUMON-IA (Zadeh L. 1983).

La incertidumbre del razonamiento médico proviene de la calidad de la información recogida de la complejidad de la situación y de la información incompleta. A pesar de ello, los médicos son capaces de decidir bajo incertidumbres. Resulta impredecible, por tanto, que todo sistema de IA que intente modelizar este razonamiento posea herramienta de representación de la incertidumbre y la imprecisión. MILORD (Motores de Inferencia con Lógica del Razonamiento Difuso) es un sistema que posee este tipo de útiles como forma esencial de funcionamiento y sobre el cual se ha diseñado PNEUMON-IA.

Los Sistemas Expertos (S.E.) han de ser considerados instrumentos de ayuda en la forma de decisiones por parte de los médicos. Debido a esto los S.E. han de imitar el razonamiento del experto con el fin de conseguir explicar las decisiones propuestas y permitir su evaluación por diferentes expertos.

Las neumonías son enfermedades agudas que precisan de un diagnóstico relativamente rápido para poder efectuar el tratamiento más idóneo. En la mayoría de las ocasiones el médico no dispone concomitantes de datos microbiológicos que le permiten determinar con certeza una determinada etiología. Además, a posteriori el porcentaje de neumonías cuyos agentes causales no se consiguen determinar es relativamente alto, alrededor del 40% de las neumonías extrahospitalarias (Marrie et al. 1987) (MacFarlane et al. 1982) (Almirante et al. 1985). A pesar de ello, y con una aproximación diagnóstica



El contexto diagnóstico contiene un módulo que incluye la Historia Clínica del paciente, así como datos de laboratorio, radiológicos y microbiológicos de interés. El resto de módulos corresponde a los diagnósticos etiológicos a las neumonías más frecuentes en adultos adquiridas en la comunidad. Cada uno de estos módulos se halla formado por diferentes reglas que permiten concluir un diagnóstico con una determinada certeza.

La aplicación de las reglas se basa en diferentes heurísticas inherentes a MILORD así como a metarreglas explicitadas en dichos módulos. Existe un módulo especial, que únicamente posee metarreglas cuya misión es determinar la estrategia global de aplicación de los diferentes módulos de un contexto. En la estrategia inicial, el módulo que contiene la Historia Clínica y las exploraciones complementarias aparece en primer lugar. El contexto de tratamiento está en fase de desarrollo, por lo que se describirá en el presente trabajo. MILORD dispone de dos motores de inferencias, uno

## Pneumon-IA, una aplicación de sistemas expertos al diagnóstico médico

más o menos precisa, el médico debe decidir un determinado tratamiento para el paciente. Debido a estas características resulta conveniente que los S.E. que quieren modelizar este campo posean herramientas que les permitan solucionar esta problemática.

### Descripción del motor de inferencias

MILORD es un sistema que permite representar el conocimiento incierto. Esta incertidumbre es expresada mediante términos lingüísticos habitualmente utilizados por el experto que diseña la Base de Conocimientos (Bonissone P. 1979) (Bonissone P. y Decker K. 1985). Esto términos poseen una realidad lógica que supera la extensión de este artículo (López de Mántaras et al. 1986) (Godo L. et al. 1987). Someramente los términos representan distribuciones de posibilidad sobre las que se aplican los operadores lógicos que modelizan los conectivos lógicos necesarios para realizar las inferencias. Estos operadores son denominados t-normas o t-coormas según representen

la conjunción o la disyunción (Alsina et al. 1983). Los operadores son seleccionados por el experto representando cada paraja de ellos formas de razonamiento diversas. En el caso de PNEUMON-IA se han seleccionado los siguientes operadores:  $t(a,b) = a \wedge b$  para la conjunción.  $s(a,b) = a + b - a \wedge b$  para la disyunción.

Con la negación dual en el sentido de De Morgan  $N(x) = 1 - x$ .

El conjunto de términos lingüísticos utilizado es el siguiente: Los cuatro puntos representan las distribuciones de posibilidad en forma trapezoidal.

Impossible: (0,0,0,0); Almost impossible (0,0,0,05,0,08); Slightly poss.: (0,05,0,07,0,14,0,17); Moderately poss.: (0,1,0,15,0,35,0,45); Possible: (0,25,0,35,0,55,0,65); Quite possible (0,45,0,55,0,75,0,85); Very possible (0,65,0,75,1,1); Almost sure (0,95,0,98,1,1); Sure (1,1,1,1).

A partir de este conjunto de etiquetas, de los operadores definidos y de un proceso de aproximación lingüístico se construyen matrices que representan los conectivos lógicos. La inferencia realizada

por el sistema accederá a estas matrices para obtener los valores de certeza de las conclusiones. Esta representación hace que el sistema posea una forma de expresar la certeza y sus relaciones en un formato comprensible por el médico, así como eficiente desde el Punto de vista computacional.

### Base de Conocimientos de Pneumon-IA

La Base de Conocimientos (B.C.) de PNEUMON-IA refleja los pasos del diagnóstico médico. En efecto la B.C. consta de dos contextos: diagnóstico y tratamiento. Ambos se estructuran en módulos que representan unidades elementales en el diagnóstico o tratamiento.

Módulos: Un módulo es una estructura de representación que contiene como componente un conjunto de reglas de producción referentes a unos determinados objetivos o sub-objetivos de los mismos, un conjunto de metarreglas relativas a la aplicabilidad de las reglas del módulo y una lista de los objetivos perseguidos.

con encadenamiento hacia adelante y el otro con encadenamiento hacia atrás. Las metarreglas se ejecutan con el motor hacia adelante, dado que una metarregla sólo es dispersada cuando se dispone de la información para hacerla, nunca se fuerza la verificación de sus premisas. Las reglas en cambio van dirigidas por los diagnósticos, es decir, es la verificación de las conclusiones la que fuerza su evaluación, siendo lícito el intentar validar las premisas de las mismas mediante otras reglas o bien recabando información del usuario, por lo que para su evaluación se utiliza el motor hacia atrás. Los módulos diagnósticos que posee PNEUMON-IA son los siguientes:

- Bacteriana atípica.
- Neumococo.
- Otros estreptococos.
- Enterobacterias.
- Hemofílus.
- Estafilococo dorado.
- Legionela.
- Anaerobios.
- Pseudomonas.
- Branhamella.
- Meningococo.
- Tuberculosis.
- Nocardia.
- Aspergillus.

LOS SISTEMAS EXPERTOS (S.E.) HAN DE SER CONSIDERADOS INSTRUMENTOS DE AYUDA EN LA FORMA DE DECISIONES POR PARTE DE LOS MEDICOS. DEBIDO A ESTO LOS S.E. HAN DE IMITAR EL RAZONAMIENTO DEL EXPERTO

UNO DE LOS PROBLEMAS DE LOS SISTEMAS EXPERIMENTALES ES SU ACEPTACION. EVIDENTEMENTE, UNA CAUSA PUEDE SER LA BAJA CALIDAD DEL SISTEMA, EN CUYO CASO SU NO ACEPTACION

P. Carinil.  
Mycoplasma.  
Clamidia P.  
Fiebre Q.  
Virus.  
Víricas complicadas.  
Estos módulos cubren la práctica totalidad de los diagnósticos etiológicos de las neumonías.

En el módulo neumonía bacteriana-atípica se realiza una clasificación bipolar que permite diferenciar de una manera inicial y de forma aproximada los diferentes tipos de neumonía. Se realiza en base a datos semiológicos y a exploraciones complementarias relativamente simples. Además de esta clasificación inicial, los antecedentes personales y patológicos del paciente permiten establecer una estrategia en la aplicación del resto de los módulos. Cada uno de los módulos restantes contiene conocimientos médico estructurados acerca de uno o varios agentes etiológicos en forma de reglas de producción fundamentadas en datos epidemiológicos, microbiológicos, radiológicos y otras exploraciones complementarias. La certeza en la orientación etiológica que se obtiene de los datos de la historia clínica y exploración física del paciente se modifica en el mismo módulo mediante reglas de refinamiento que contienen los conocimientos analíticos, radiológicos y microbiológicos referentes al agente en cuestión.

#### Reglas de producción

Las reglas que forman los módulos anteriormente mencionados poseen como condición conjunciones de hechos de naturaleza booleana, numérica, difusa o enumerada. La evaluación de las premisas de una regla tiene como resultado un término lingüístico dentro del conjunto de términos lingüísticos definidos por el experto. Este término junto con el término que respresenta la certeza del experto en la regla aplicada proporcionan la certeza en la conclusión (Trillas E y Valverde L. 1989). Las diferentes aportaciones de certeza a una conclusión mediante diferentes reglas son a su vez

## BIBLIOGRAFIA

1. Almirante B, Pahliss, A, Planes, A.M. et al. Etiología de las neumonías extrahospitalarias. *Med. Clin.* 1985; 85: 175-178.
2. Albia C, Trillas E, Valverde L. On some logical Connectifs for Fuzzy Set Theory. *J. Mathem Anal Appl* 1983; 93: 15-26.
3. Bonissone, P., Decker, K. *Selecting Uncertainty and Granularity: An Experiment in Trading off Precision and complexity*, KBS Working Paper, General Electric Schenectady, New York 1983.
4. Bonissone, P. *The Problem of Linguistic Approximation in System Analysis*. Ph. D. Dissertation EBCS Department UC Berkeley. In *University Microfilms International Publications* 1979, 80-14, 618. Ann Arbor, Michigan.
5. Cercenado, E., Bouza E. Neumonía extrahospitalaria y eritromicina. *Exp. Inf y Microbiol. Clin.* 1987; 3: 129-134.
6. López de Mántaras et al. Millord. *An Expert Systems Building Tool with Approximated Reasoning. Fuzzy Logic in Knowledge Engineering, Negotia & Trade*. TUV Verlag, 1986.
7. Goda, L., López de Mántaras, R., Verdaguier, A. *Managing Linguistically Expressed Uncertainty in Millord-Application to Medical Diagnosis*. 7th International Workshop Express Systems and their Applications. Angnon 1987; 1: 571-596.
8. MacFarlane, J.T., Finch, R.G., Ward, M.J. et al. Hospital study of adult community acquired pneumonia. *Lancet* 1982; 2: 255-258.
9. Morris, T.J., Grayston, J.T., Wang, S., Kuo, C. Pneumonía asociada with the TWAR strain of Chlamydia. *Ann. Int. Med.* 1987; 106: 507-511.
10. Trillas, E., Valverde, L. *On mode and implication in approximate reasoning*. Approximate reasoning in expert systems. Gupta et al eds. North Holland 1983.
11. Zadeh, L. *The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems*. *Int. J. Fuzzy Sets and Systems* 1983; 11: 199-227.

combinadas, utilizando una t-conorma, para obtener la certeza final de la conclusión.

Las reglas están en cada momento o bien activas o bien inhibidas. El estado inicial viene determinado por la definición de la B.C., el estado ulterior puede ser modificado por las metarreglas del sistema.

El orden de aplicación de las reglas viene determinado por diferentes criterios de especificidad, la mayor certeza y su ordenamiento según criterio del experto. Se aplicarán primero las reglas más específicas. Los criterios de especificidad son lo de inclusión, mayor prioridad y subsunción. Como segundo criterio de prioridad se aplicarán primero las reglas con un factor de certeza superior. Finalmente, en casos en que la ordenación no quedara ya explicitada se utilizará el orden proporcionado por el experto. La ordenación de las reglas según su mayor especificidad es útil en el desarrollo de B.C. El conocimiento incompleto puede modelizarse cómodamente utilizando este mecanismo, dado que si consideramos el conjunto de reglas que deducen un hecho concreto, se intentará siempre aplicar la regla más específica, es decir, la regla que necesita mayor cantidad de conocimientos para ser aplicada. En caso de que la regla más específica sea aplicada, todas las reglas que guardaban alguna relación con ella según los criterios de especificidad dejan de formar parte del conjunto de reglas a evaluar.

Veamos ahora un ejemplo

de regla de producción:

Si.

La neumonía es bacteriana.

Y existe expectoración.

Y el esputo es herrumbroso.

Y la neumonía no se halla cavitada.

Y el paciente no presenta inmunodepresión.

Entonces.

Es muy posible que la neumonía sea neumocócica.

Para ayudar al proceso de explicación del razonamiento cuando una regla contiene conocimiento de tipo universal se permite que posea una justificación bibliográfica.

#### Hechos

Los hechos son los eventos elementales que, o bien son directamente observables: fiebre, coma, expectoración, o bien son deducibles a partir de otros: neumonía bacteriana, derrame complicado, etc. Los hechos están definidos en un diccionario en el que se incluye información referente a la interacción con el usuario: pregunta asociada y nombre del hecho, y a su relación con el resto de hechos, que permite tratarlos como elementos pertenecientes a clases tales como datos de laboratorio, sintomatología, etc. Esta información es utilizada para la definición de una red semántica. Los hechos que forman parte de una premisa pueden ir predicados en el caso de los hechos numéricos con operadores relacionales, en el caso de los enumerados, mediante operadores de conjuntos y en el caso de hechos difusos con predicados que poseen el mismo nombre que las etiquetas

lingüísticas y que representan un límite que la certeza del hecho debe superar para que la premisa sea considerada cierta. Los diferentes términos lingüísticos resultantes de la evaluación de las premisas de una regla son combinados mediante una t-norma que proporciona el valor final de certeza de la conclusión.

#### Metarreglas

El establecimiento precoz de hipótesis diagnósticas y la adopción de una estrategia determinada para orientar un diagnóstico y, finalmente, un tratamiento es básica en el comportamiento del experto médico (Cercenado y Bouza 1987). La estrategia en la aplicación de los diferentes módulos viene explicitada en las metarreglas que contienen conclusiones que afectan a la estrategia que activan una vez han finalizado los dos módulos iniciales: el de Historia Clínica y exploraciones complementarias y el de bacteriana atípica.

Las metarreglas que establecen la estrategia indican qué módulos y en qué orden se van a aplicar en un caso determinado. Esto no representa únicamente una mejora en la eficiencia del sistema sino que incide directamente en la inteligibilidad del proceso en su capacidad docente, en la decisión del tipo de exploraciones complementarias que se deben practicar y en su rentabilidad en un determinado contexto. En cualquier momento del proceso, la obtención de un nuevo hecho de suficiente interés puede cambiar una determinada estrategia mediante la activación de la metarregla correspondiente.

Existen otras metarreglas que afectan a todas las reglas que contienen premisas pertenecientes a una misma clave de la red semántica. Estas reglas pueden ser inhibidas o activadas.

Veamos un ejemplo de metarregla en el que ante la falta de datos por el estado del paciente el sistema inhibe todas las reglas que necesitan de estos datos para ser aplicadas con lo que se obtiene un incremento en la eficiencia del sistema.

Si.

El paciente está en coma. Y no se pueden obtener datos de su historia clínica. Entonces.

Inhibir reglas de producción cuya premisa están incluidas en las clases:

- Epidemiología.
- Antecedentes personales y patológicos.
- Sintomatología.

#### Conclusiones

Uno de los problemas de los sistemas expertos médicos es su aceptación. Evidentemente, una causa puede ser la baja calidad del sistema, en cuyo caso su no aceptación estaría plenamente justificada. Sin embargo, otra causa puede ser el temor de que puedan llegar a sustituir al médico, en cuyo caso su no aceptación no está justificada, ya que se trata de un temor absolutamente infundado. Un Sistema Experto debe ser considerado como un elemento más de ayuda al médico de forma similar a otros equipos electrónicos de ayuda al diagnóstico, análisis, etc., que puedan ser utilizados. Un Sistema Experto puede ser consultado de forma complementaria a la consulta que se haga a un libro o a un colega (con claras ventajas y también desventajas respecto a ambos). Estamos convencidos de que esa es la forma correcta de ver los sistemas expertos y lo que posibilitará su repercusión en el colectivo médico.

PNEUMON-IA ha sido validado con éxito en base a pacientes de 5 hospitales de Barcelona. En la actualidad el sistema posee alrededor de 1.000 reglas y 150 metarreglas que cubren un elevado porcentaje de las causas de neumonías extrahospitalarias. Actualmente el trabajo se orienta a las reglas relativas al tratamiento y a la mejora de la comunicación con el usuario.

C. Sierra y R. López de Mántaras, del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CSIC) y A. Verdaguier y F. Sanz, del Institut Municipal d'Investigació Mèdica de Barcelona

**CADA SEMANA 20.000 PROFESIONALES EN INFORMATICA LEERAN SU OFERTA EN ANUNCIOS CLASIFICADOS DE COMPUTERWORLD**