

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

C. Sierra *, A. Verdaguer **, R. López de Mántaras *, F. Sanz **

* *Centre d'Estudis Avancats de Blanes (CSIC). Blanes Girona.*

** *Institut Municipal d'Investigació Mèdica. Barcelona.*

Introducción

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 evaluar la calidad de la solución diagnóstica propuesta de una manera exclusivamente estadística cuando se trata de un enfermo en particular.

La Inteligencia Artificial (I.A.) 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 incertidumbre. Resulta imprescindible por tanto, que todo sistema de I.A. que intente modelizar este razonamiento posea herramientas 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 toma 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 permitan determinar con certeza una determinada etiología. Además, a posteriori, el porcentaje de neumonías cuyos agentes causales no se consiguen determinar es relativamente alto,

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 subobjetivos de los mismos, un conjunto de metarreglas relativas a la aplicabilidad de las reglas del módulo y una lista de los objetivos perseguidos.

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 dicho módulo. 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 inferencia, uno 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 disparada cuando se dispone de la información para hacerlo, 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.
- Hemofilus.
- Estafilococo dorado.
- Legionela.
- Anaerobios.

Pseudomonas.
Branhamella.
Meningococo.
Tuberculosis.
Nocardia.
Aspergilus.
P. Carinii.
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 conocimiento médico estructurado 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 representa la certeza del experto en la regla aplicada proporcionan la certeza en la conclusión (trillas E y Valverde L. 1985). Las diferentes aportaciones de certeza a una conclusión mediante diferentes reglas son a su vez 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: la especificidad, la mayor certeza y su ordenamiento según criterio del experto. Se aplicarán primero las reglas más específicas. Los cri-

terios de especificidad son los 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 utilizaría 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 conocimiento 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 condición.

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 (Cercinado y Bouza 1987). La estrategia en la aplicación de los diferentes módulos viene explicitada en las metarreglas del sistema. Por ser este establecimiento un proceso inicial, 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 el 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 clase 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 las reglas de producción cuyas premisas estén incluidas en las clases:

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

Conclusiones

Se está desarrollando una S.E. para el diagnóstico y tratamiento de las neumonías. 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.

PNEUMON-IA, a pesar de estar situado en el marco de la lógica difusa, de poseer una estructura compleja en base a metarreglas y módulos diagnósticos con reglas de producción, y no haber finalizado su desarro-

llo, presenta ya una interficie de comunicación con el usuario de tipo interactivo, mediante menús que hacen sencillo su uso e interpretación de resultados, incluso para los no expertos en este tipo de herramientas.

El sistema está siendo desarrollado en COMMONLISP sobre ordenadores VAX (DEC) con Sistemas Operativo VMS.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente mediante el FISS 87/1387 y un Research Agreement con DEC.

BIBLIOGRAFIA

1. Almirante, B.; Pahissa, A.; Planes, A. M. et al.: Etiología de las neumonías extrahospitalarias. *Med. Clin.* 1985; 85: 175-178.
2. Alsina, C.; Trillas, E.; Valverde, L.: On some logical Connectifs for Fuzzy Set Theory. *J Mathem Anal Aplic* 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 1985.
4. Bonissone, P.: The Problem of Linguistic Approximation in System Analysis. Ph D. Disertation EECS Departement UC Berkeley. In *University Microfilms International Publications* 1979; 80-14: 618. Ann Arbor, Michigan.
5. Cercenado, E.; Bouza E.: Neumonía extrahospitalaria y eritromicina. *Enf. Inf. y Microbiol. Clin.* 1987; 5: 129-134.
6. López de Mántaras et al.: Millord: An Expert Systems Building Tool with Approximated Reasoning. *Fuzzy Logic in Knowledge Engeneering*. Negoita & Prade eds. TUV Verlag. 1986.
7. Godo, L.; López de Mántaras, R.; Verdaguer, A.: Managing Linguistically Expressed Uncertainty in Millord-Application to Medical Diagnosis. *7th International Workshop. Expert Systems and their Applications*. Avignon. 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. Marrie, T. J.; Grayston, J. T.; Wang, S.; Kuo, C.: Pneumonia associated 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. 1985.
11. Zadeh, L.: The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems. *Int. J. Fuzzy Sts and Systems* 1983; 11: 199-227.

APENDICE A

Para finalizar y como ejemplo de diálogo que se establece con el usuario, se incluyen algunos fragmentos del proceso, finalizando con una sugerencia diagnóstica.

Pregunta: ¿Existen antecedentes personales o patológicos a destacar?

Respuesta: No.

P.: ¿La tos es productiva?

R.: Sí.

P.: ¿El esputo es: mucoso, purulento, herrumbroso, hemptoico o pútrido?

R.: Herrumbroso.

P.: ¿Se observa broncograma aéreo en la imagen radiológica?

R.: Sí.

P.: ¿La distribución del infiltrado es: lobar, segmentaria, bronconeumónica, difusa, nodular única, nodular múltiple?

R.: Lobar.

(Con esta información se aplicaría la regla del ejemplo anterior)

Los diagnósticos finales son:

- Neumonía neumocócica: Muy posible.
- Neumonía por legionela: Poco posible.
- Neumonía por nicoplasma: Poco posible.

SUMMARY

This work describes PNEUMON-IA, an Expert System in diagnosis and treatment of pneumoniae, and MILORD, the environment where it has been developed. MILORD is based on fuzzy logic, and modelizes the uncertainty with linguistic terms. MILORD also defines some basic operations between the linguistic terms. The Knowledge Base is structured in a modular way. Each module includes a set of production rules, and metarules that drive the application of modules and/or their rules. The rules are applied following a backward chaining process and the metarules are applied following a forward chaining one. At present, PNEUMON-IA includes more than 600 production rules and 100 metarules that cover the diagnostic aspects.