

**USO DE LÓGICA TEMPORAL EM SISTEMAS ESPECIALISTAS
DE APOIO À DECISÃO MÉDICA**

por

1 2 3
Ojeda, R.G. & Lima, W.Celso de. & Nievola, J.C.

RESUMO : A lógica temporal é uma alternativa interessante no raciocínio que envolva conhecimentos médicos; para manipular e inferir fatos que tenham relação com o tempo. Consequentemente, trata-se de um método importante para a decisão médica efetuada por um sistema especialista para apoio no diagnóstico ou planejamento médico.

INTRODUÇÃO

A utilização de lógica permite representar e determinar as condições segundo as quais uma proposição é válida ou quando ela pode ser inferida a partir de outras. Existem diferentes tipos de lógicas desenvolvidas com a finalidade de fatos para representar o raciocínio humano ou a sua maneira de inferir. Entre elas:lógica de primeira ordem,lógica modal, lógica trivalente, lógica temporal, etc. Cada uma destas lógicas através de seus axiomas, operadores, conectivos e conceitos, pretendem modelar as características do raciocínio.

Nos sistemas especialistas a lógica mais conhecida e utilizada é a de primeira ordem. Serve como base à linguagem Prolog, a qual, ainda que com grande potencial de representação e aplicável aos sistemas de apoio à decisão médica, apresenta certas limitações na representação de relações de parâmetros médicos que devem ser indexados no tempo, para manipular conceitos com incerteza ou com informação incompleta. Dentro das lógicas não convencionais, a mais utilizada em sistemas especialistas é a lógica difusa [Zadeh,1979], que permite a manipulação de informação com incerteza, utilizando multivalores para

1 Mestre em Engenharia Elétrica pela UFSC, doutorando pela UFSC.
2 Professor titular UFSC, Doutor em Ciências e Livre Docente, Coordenador do grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica da UFSC.
3 Professor E2 do CEFET-PR, Mestre em Engenharia Elétrica pela UFSC, doutorando pela UFSC.

tornar vagos ou "difusificar" conceitos sobre fatos, associando-lhes graus de pertinência. No casos de fatos médicos, geralmente se tem conceitos vagos sobre alguns sintomas ou condições do paciente. Outras lógicas utilizadas também em aplicações de sistemas de apoio à decisão médica é a lógica trivalente, a qual permite manipular informação incompleta, definindo além dos valores verdadeiro e falso, um terceiro que representa o estado parcial de ignorância, ou indefinição do fato. Exemplos desta lógica são a de Lukasiewicz [1930] e Kleene [1952]. Outra lógica não convencional, que introduz o tempo como parâmetro de indexação de ocorrência dos fatos, é conhecida como lógica temporal analisada neste trabalho. O objetivo é seu uso nos sistemas automáticos de apoio a decisão médica.

LÓGICA TEMPORAL

Esta lógica permite o raciocínio a partir de fatos ou eventos e a sua ocorrência em relação ao tempo. Podem ser encontradas na literatura, poucas aplicações desta lógica em sistemas especialistas, porém sistemas como o Molgen [Martin,1977] ou PLANNER [Hewitt,1971], introduzem conceitos para manipular fatos com relação temporal, ainda que complexos e não com relações lógicas. Algumas outras áreas onde pode ser utilizada esta lógica é em aplicações em especificação e verificação de programas de computadores, [Gabbay,1983] linguagem natural [Webber,1983], programação concorrente [Manna,1981], etc.

O conceito de tempo na área médica, é importante para definir : sequência de sintomas, instante de ocorrência e intervalo de tempo de ocorrência que pode ser de proponderancia decisiva na conclusão do diagnóstico final. Por exemplo:

- intervalo de tempo de validade de um exame de sangue (ex: aprox 15 dias).
- divisão do histórico do paciente em intervalos de tempo como: infância (0-9), adolescência (10-13), juventude (14-17), etc. Onde cada intervalo de anos tem associado uma série de fatos e eventos médicos.

Existem vários tipos de lógicas temporais, como a de Rescher [1971], Koomen [1983], Mc Dermott [1982] e Allen [1981]. Estas duas últimas baseadas semanticamente no cálculo dos predicados, são as mais conhecidas. Acrescidas de operadores manipulam os conceitos temporais de intervalos de tempo, instante de tempo e eventos. Estas lógicas raciocinam com eventos passados em algum intervalo de tempo e que podem ser válidos no futuro. Um evento pode ser :

- válido em algum intervalo futuro (FUT);
- válido em algum intervalo passado (PAS);
- válido em todo intervalo futuro (FTOT);
- válido em todo intervalo passado (PTOT).

Na lógica temporal de Allen, podem ser definidas

relações temporais entre intervalos de tempo, pelos seguintes predicados:

- Anterior(i1,i2) : o intervalo i1 é anterior a i2;
- Posterior(i2,i1) : o intervalo i2 é posterior a i1;
- Durante(i1,i2) : o intervalo i1 acontece dentro de i2
- Superposição(i1,i2) : o intervalo i1 inicia antes de i2, porém eles se superpõem;
- Igualdade(i1,i2) : o intervalo i1 é o mesmo de i2;
- Ponto (i) : instante de tempo com i muito pequeno;

Também define-se, ocorrência de eventos através de predicados do tipo:

- ACONTECE(i1,e) : o evento e ocorre no intervalo i1

Estes conceitos são importantes para relacionar as características temporais dos eventos na área médica, tais como:

- fatos clínicos associado a um intervalo de tempo de ocorrência;
- no raciocínio é importante a duração do intervalo de tempo de ocorrência e a precedência sequencial dos eventos;
- as condições temporais podem ser consideradas discretas;
- existe passado e futuro, o que implicará em linearidade para frente e para trás do instante de referência;
- estes eventos ou fatos clínicos têm uma hierarquia intrínseca.

Assim sendo, pode-se formalizar uma semântica com os operadores sobre intervalos, de forma de:

FUT P : indica que o fato P é válido em algum intervalo no futuro;

a qual permite relacionar fatos futuros tais como: predições clínicas, decisões sobre terapêuticas a serem efetuadas no paciente, etc.

PTOT Q : a proposição Q é válida em todo intervalo de tempo passado.

que é aplicável a fatos clínicos que aconteceram em intervalos de tempo não coincidentes com o intervalo de referência, podendo associar data e duração a um sintoma.

Adicionando as relações entre intervalos, pode-se introduzir na representação do conhecimento médico os efeitos que possam ter a ocorrência em determinados intervalos de tempo, sintomas isolados ou conjuntos, com curta ou longa duração. Por exemplo, um paciente pode apresentar vômitos e dor de cabeça simultaneamente ou em instantes diferentes de tempo. Os diagnósticos e as terapias são muitas vezes realizados sob influência da sequência de apresentação no tempo destes sintomas.

Com estes operadores podem ser gerados axiomas, que descreverão o relacionamento entre eventos e intervalos de tempo, tais como:

FTOT Q \rightarrow FUT P : expressando que se o evento Q for sempre válido no futuro pode ser inferido que é válido em algum intervalo de tempo futuro.

PTOT P \rightarrow PAS Q no qual se Q sempre foi válido, ele será válido em algum intervalo do passado.

Por exemplo, se:

+ P : paciente é vacinado contra poliomielite,

+ Q : paciente é portador de poliomielite.

então pode expressar-se:

1- FTOT (P \rightarrow FUT -Q)

e 2- FTOT (PAS P \rightarrow -Q) com "-" = negação

Onde 1, significa que :

Se o paciente é vacinado agora contra poliomielite, num instante futuro ele muito provavelmente não terá poliomielite, o que é válido para todos os instantes futuros.

De outra maneira 2, significa :

Se o paciente num instante passado foi vacinado contra a poliomielite, pode inferir-se que ele não tem poliomielite, o que é válido em qualquer instante ou intervalo de tempo no futuro.

CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho é apresentar as características gerais do tipo de lógica não-convencional. Esta permite introduzir o conceito de tempo tanto no raciocínio como na inferência de conhecimentos médicos em sistemas de apoio à decisão médica. A importância destes conceitos temporais foi posta em relevância através de exemplos simples apresentados, relacionando a sua influência na decisão médica. Este trabalho apresenta a alternativa de raciocínio e inferência dos fatos médicos que tem relação com o tempo e que nos atuais sistemas de apoio à decisão médica, não são muito explorados.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ALLEN, J.F. & J.A. KOOMEN, Planning using a temporal world model Proc. 8th Int. Conf. on Artificial Intelligence, Vancouver, Canada, pp 741-747, 1983.
- 2 CASTINEIRAS, A.V. Modelo de arquitectura para sistemas expertos em medicina. Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones, Madrid, Espana, 1987.
- 3 HEWITT, C. PLANNER: A language for proving theorems in robots. Proc. IJCAI 2, 1971.
- 4 MALIK, Z. & T.O. BINFORD, Reasoning in time and space. Proc. 8th Int. Conf. on Artificial Intelligence, Vancouver, Canada, pp 343-345, 1983.
- 5 MANNA, Z. & A. PNEULI. Verification of concurrent programs: the temporal framework. R.S & Moore eds., Academic Press, New York, 1981
- 6 MARTIN, N. & FRIEDLAND, P. & STEFIK, M.J. Knowledge-base management for experimental planning in molecular genetics. Proc. 5th Inter. Conf. on Art. Intell. IJCAI-77, 1977.
- 7 MAY, E. A temporal logic for reasoning about changing data bases in the context of natural language question-answering, Expert Database Systems, pp 559-578, 1986.
- 8 Mc DERMOTT, D. A temporal logic for reasoning about plans and actions. Cognitive Science 6, pp 101-155, 1982.
- 9 TURNER, R. Logic for artificial intelligence. Chischester, England, Ellis Horwood Ltda, 1984.
- 10 WEBBER, B.N. Logic and natural language. IEEE Computer, pp 43-46, 1983.
- 11 ZADEH, L.A., Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. IEEE Trans. Syst. Man Cybern., Vol SMC-3, num 1, pp 28-44, 1973.

THE USE OF TEMPORAL LOGIC IN EXPERT SYSTEMS
FOR MEDICAL DECISION

ABSTRACT: The temporal logic is a interesting alternative for to be explored in applications in medical knowledge reasoning, for inference over facts with time relation. This facts are very important for medical diagnosis or planning. This logic should be one solution in the expert systems applications in medical knowledge with this facts.