

NEPHREX - UM SISTEMA ESPECIALISTA CONEXIONISTA PARA DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS RENAIS

por

R.J. Machado¹, A.F. Rocha², I.R. Guilherme³, M.P. Ramos³, S.R. Espolito³, F.A.R.M. Denis¹, V.H.A. Duarte¹, H. Adjen³, O. Marson³

RESUMO: Neste trabalho descreve-se o NEPHREX que é um sistema especialista que tem por objetivo o diagnóstico de doenças renais e apresenta as seguintes características: capacidade de aprender com a experiência, facilidade de uso, capacidade de trabalhar com informação incompleta e incerta. O sistema baseia-se em redes neurais e em lógica nebulosa, tendo sido adotado o modelo neural combinatório. Sua base de conhecimento descreve as doenças: uremia, litíase, nefrite e hipertensão, usando dados de identificação, queixa, história, exame físico e exames complementares.

INTRODUÇÃO

O NEPHREX é um sistema especialista com o objetivo de apoiar o médico nas decisões relacionadas com o diagnóstico de doenças renais. Ele apresenta, como sua característica mais marcante, a capacidade de aprender com a experiência. O sistema pode receber um conhecimento inicial eliciado, a partir de especialistas e refinar posteriormente este conhecimento com o uso. Pode também extrair todo seu conhecimento diretamente, a partir de um conjunto de casos com o diagnóstico correto conhecido.

Para tanto foi adotado o modelo Neural Combinatório, introduzido por Machado e Rocha (1989), que é um tipo especial de rede neural acíclica baseada em lógica nebulosa possibilitando a construção de sistemas especialistas conexionistas, dedicados a tarefas de classificação. Este modelo apresenta como vantagem a capacidade de herdar propriedades interessantes tanto do campo de redes neurais (não simbólicas) e de sistemas baseados em conhecimento (simbólicos). Dentre estas propriedades salientamos:

¹-IBM Centro Científico Rio, Rio de Janeiro, Caixa Postal 4624

²-Instituto de Biologia - UNICAMP - Campinas

³-CIS - Escola Paulista de Medicina - São Paulo

- aprendizado incremental;
- representação do conhecimento do especialista;
- base de conhecimento inteligível;
- capacidade de lidar com informação incerta e/ou incompleta;
- baixa complexidade computacional para a tarefa de inferência e inquirição;
- justificação de suas conclusões.

O NEPHREX em sua versão atual é capaz de diagnosticar as doenças: uremia, litíase, nefrite e hipertensão; usando dados de identificação do paciente, queixa, história, exame físico e exames complementares tais como: exame de sangue, exame de urina (simples e de 24 horas), ECG, raios X, biópsia, ultrassom, urocultura, sinais vitais e exame físico.

O sistema foi desenvolvido e testado num computador IBM 3090 através dos softwares : VM-CMS, APL2 e NEXT.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Arquitetura

O NEPHREX foi construído usando-se a ferramenta NEXT (the Neuro Expert Tool), um ambiente para o desenvolvimento de sistemas especialistas conexionistas dedicados a solução de problemas de classificação, exemplo: identificação, seleção, diagnóstico, reparo, monitoração (Machado et al, 1990). Os componentes do NEPHREX são os seguintes:

- 1) Base Conexionista de Conhecimento;
- 2) Máquina de Inferência;
- 3) Máquina de Aprendizado;
- 4) Interface com o Usuário Final;
- 5) Interface com o Engenheiro do Conhecimento;
- 6) Banco de Dados de Casos/Exemplos;
- 7) Módulo de Aquisição de Conhecimento do Especialista.

Base Conexionista de Conhecimento – A base conexionista de conhecimento é composta de uma rede semântica e de uma rede neural combinatória. A rede semântica representa os conceitos e os objetos do domínio do problema (doenças, exames, sinais, sintomas, utilidades) e as relações entre os mesmos. Uma das principais relações é a que permite representar o diagrama de influência do domínio do problema. A computação de incerteza relativa ao diagrama de influência é realizada através da rede neural. Esta rede baseia-se no Modelo Neural Combinatório (Machado e Rocha, 1989) e apresenta uma topologia acíclica com 3 camadas:

- Camada de Entrada: cujos neurônios são ativados com as informações disponíveis sobre o paciente.

- Camada Intermediária: usando neurônios do tipo E nebuloso que representam padrões de dados de entrada.
- Camada de Saída: usando neurônios do tipo OU nebuloso que representam as doenças diagnosticáveis pelo sistema.

Máquina de Inferência – A máquina de inferência tem como objetivos básicos:

- Calcular o grau de possibilidade de cada hipótese e apresentar ao usuário aquelas que ultrapassem um limiar de aceitação. Isto é feito propagando as crenças da camada de entrada até a camada de saída;
- Determinar a questão ótima a ser perguntada a seguir para o usuário (Machado et al 1990);
- Explicar ao usuário o raciocínio empregado para atingir a solução de um problema.

Máquina de Aprendizado A máquina de aprendizado é capaz de indutivamente selecionar e construir unidades internas nas camadas intermediárias da rede para representar regularidades importantes do domínio do problema.

A base conexionista de conhecimento pode ser refinada incrementalmente por três processos:

- Ajuste dos pesos das conexões da rede usando mecanismos de punição e recompensa (Machado e Rocha, 1989);
- Alteração da topologia da rede através de:
 - Aplicação de operadores genéticos (mutação e recom- binação) para criar novos elementos na camada intermediária da rede (Denis e Machado, 1989);
 - Poda de conexões fracas e eliminação de neurônios desconectados (Machado e Rocha 1989).

O Banco de Dados de Casos/Exemplos – Este banco tem como objetivo capturar a experiência adquirida pelo sistema ao resolver problemas e de fornecer exemplos para a máquina de aprendizado. (Um exemplo é um caso atualizado com seu diagnóstico final).

Este banco de dados permite também a realização de consultas intermitentes, o que é importante no caso médico, pois as consultas são interrompidas frequentemente para a realização de exames.

MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DO NEPHREX

Para se construir o NEPHREX, usou-se a metodologia inerente ao NEXT executando-se as seguintes fases:

Fase 1 - Especificação do Domínio do Problema Nesta fase a rede semântica é construída através de:

- 1- ...Seleção das Classes de Objetos (Objetos Intensionais);
- 2- ...Seleção das Relações entre Objetos Intensionais;
- 3- ...Instanciação das Classes de Objetos produzindo Objetos Extensionais;
- 4- ...Instanciação das Relações entre Objetos Extensionais;

Fase 2 - Definição de uma Visão do Domínio do Problema – O NEXT permite criar e manter diferentes visões do domínio do problema. Na versão atual do NEPHREX criamos uma visão que contempla apenas dados de queixa, história e exame físico.

Fase 3 - Aquisição do Conhecimento do Especialista – Foram colhidos os grafos de conhecimento de um especialista. Os grafos de conhecimento são grafos acíclicos que descrevem as linhas de raciocínio usadas pelo especialista para inferir hipóteses a partir das evidências disponíveis (Leão e Rocha, 1990), (Machado, Rocha e Leão, 1990) e (Rocha et al 1990).

Fase 4 - Aquisição de um Conjunto de Exemplos – Foram colhidos retrospectivamente 378 casos de pacientes com doenças renais do ambulatório de nefrologia da Escola Paulista de Medicina.

Fase 5 - Construção e Treinamento dos Modelos de Raciocínio – As tarefas cognitivas executadas por um especialista tais como diagnóstico, seleção de tratamento, prognóstico são representadas por modelos de raciocínio no sistema. Cada modelo de raciocínio necessita de uma rede neural para computar o grau de possibilidade das hipóteses baseado nas evidências disponíveis e em suas crenças.

Os modelos de raciocínio podem receber o conhecimento de três maneiras distintas a saber:

- 1) ...Conversão direta dos grafos de conhecimento em redes neurais
- 2) ...Treinamento a partir do nada usando um conjunto de exemplos
- 3) ...Refinamentodo modelo de raciocínio (combinação das duas anteriores)

Para a construção do modelo de diagnóstico da versão atual do NEPHREX empregamos a opção 2.

RESULTADOS OBTIDOS

A versão atual do NEPHREX envolve:

- 4 doenças;
- 17 exames;
- 199 evidências ;
- 16 símbolos (estruturas auxiliares que permitem sumarizar diversas evidências em um

conceito simbólico).

Uma versão inicial foi construída contemplando apenas queixa, história e exame físico. Construiu-se também um modelo de inferência diagnóstica, usando-se uma rede neural combinatória de ordem 2 com 1391 neurônios e 3606 conexões.

O sistema foi treinado, usando-se 250 exemplos selecionados aleatoriamente, dos 378 casos colhidos na EPM com um limiar de aceitação de hipóteses de 0,6 e um limiar de poda de conexões de 0,1.

O sistema foi testado, com os 128 casos restantes, não usados no treinamento, obtendo-se uma taxa de classificação corretas de 74,21%.

A tabela de contingência, entre classes calculadas e classes reais, é apresentada a seguir. As doenças estão representadas por suas iniciais. S significa sem resposta.

		Classes Calculadas				
		U	N	H	L	S
Classes	U	36	0	3	1	3
	N	18	6	2	0	6
Reais	H	0	0	32	0	0
	L	0	0	0	21	0

O "quadrado" desta tabela é 244,59 o que nos permite rejeitar a hipótese de independência dos resultados a um nível de significância menor que 0,000001.

A maior parte dos erros do sistema ocorreu com a doença nefrite, classificada incorretamente como se fosse uremia. Este resultado se justifica, pois os dados de história e exame físico são notoriamente insuficientes, para discriminar entre nefrite e uremia. Este diagnóstico é usualmente realizado pelos médicos através de exames complementares, não incluídos neste teste do sistema.

CONCLUSÕES

A versão inicial do NEPHREX conseguiu obter um elevado índice de diagnósticos corretos. Espera-se um crescimento substancial deste desempenho nas próximas versões do

sistema que:

- incluirão dados de exames complementares, permitindo evitar os erros ocorridos (confusão entre uremia e nefrite);
- utilizarão modelos neurais combinatórios de ordem mais elevada, permitindo ao sistema capturar padrões mais complexos do domínio do problema;
- partirá de um conhecimento inicial fornecido pelo especialista refinando-o com exemplos através das técnicas de aprendizado descritas, destacando-se o uso de algoritmos genéticos.

O emprego do ambiente NEXT para a construção do sistema permitiu:

- Diminuir drasticamente o esforço e o tempo dedicados a construção do sistema;
- Construir um sistema flexível e poderoso, dotado de muitas capacidades usualmente, não disponíveis nos sistemas especialistas clássicos, destacando-se a habilidade de aprendizado e a convivência de múltiplas visões do conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DENIS, F.A.R.M, Machado, R.J. (1989) Introdução aos Sistemas Classificadores e Algoritmos Genéticos, II Jornada de Atualização do Grupo de Inteligência Artificial UFRJ
- LEÃO, B. L., ROCHA, A. F. (1990) Proposed Methodology for Knowledge Acquisition: A Study on Congenital Heart Diseases Diagnosis, sendo impresso em Methods of Inf. in Medicine
- MACHADO, R.J., ROCHA, A.F., & LEÃO, B.F. (1990) Calculating the Mean Knowledge Representation from Multiple Experts, a aparecer em Multiperson Decision Making Models Using Fuzzy Sets and Possibility Theory, Editores: Fedrizzi M. and Kacprzyk J., Kluwer Academic Publishers
- MACHADO, R.J. & ROCHA, A.F. (1989) Handling Knowledge in High Order Neural Networks: The Combinatorial Neural Model, IBM Rio Scientific Center Technical Report CCR076
- MACHADO, R. J. & ROCHA, A. F. (1990) The Combinatorial Neural Network: A Connectionist Model for Knowledge Based Systems, a ser publicado em International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems, Paris
- MACHADO, R.J., DUARTE, V.H.A., DENIS, F.A.R.M., ROCHA, A.F. (1990) NEXT - The Neuro Expert Tool - Program Description and Operation Manual, IBM Centro Científico Rio
- MACHADO, R.J., ROCHA, A.F., LAGINHA, M.O.R., RIZZO, I. (1990) Inference and Inquiry in Fuzzy Connectionist Systems, a ser publicado em COGNITIVA 90, Madrid
- ROCHA, A. F., LAGINHA, M. P. R., MACHADO, R. J., Sigulem, D., Ancao, M. (1990) Declarative and Procedural Knowledge - Two Complementary Tools for Expertise, Approximate Reasoning Tools for Artificial Intelligence, Editors: Verdegay, J. L., Delgado, M., Verlag Tuv - Interdisciplinary Systems Research Series, Rheinland

NEPHREX - An expert system for diagnosis renal diseases.

ABSTRACT – This paper describes the NEPHREX system, an expert system for diagnosing renal diseases, which has the following properties: learning with experience, easy to use, treatment of uncertain and incomplete information. The basic approaches for this system are neural networks and fuzzy logic, and it has adopted the combinatorial neural model. Its knowledge base describes the diseases (uremia, calculosis, nephritis and hypertension) using the following data: identification, complaint, physical examination and complementary tests.